DIE NATURWISSENSCHAFTEN

30. Jahrgang | 11. Dezember 1942 | Heft 50/51

Max Bodenstein zum Gedächtnis.

Von K. F. BONHOEFFER, Leipzig.

Noch kein Jahr ist seit dem Tode von WALTHER NERNST verflossen, und wiederum ist die deutsche physikalische Chemie von einem schweren Verlust betroffen worden. Am 3. September 1942 ist MAX BODENSTEIN, NERNSTS Nachfolger auf dem Berliner Lehrstuhl für Physikalische Chemie, nach kurzer Krankheit im Alter von 71 Jahren gestorben. Die physikalische Chemie verliert in BODENSTEIN einen ihrer hervorragendsten Experimentatoren, der als Spezialist auf dem Gebiete der Kinetik der Gasreaktionen grundlegende Erkenntnisse über das Wesen des chemischen Geschehens im Laufe seines Lebens erarbeitet hat.

MAX BODENSTEIN wurde am 15. Juli 1871 in Magdeburg geboren. Seine ersten chemischen Studien trieb er an der Universität Heidelberg und im Analytischen Laboratorium von FRESENIUS in Wiesbaden. Die Dissertationsarbeit, die er in den Jahren 1892 und 1893 auf Anregung von VIKTOR MEYER über die Zersetzung des gasförmigen Jodwasserstoffs durchführte, wurde für sein Lebenswerk bestimmend. Ein besonders glücklicher Griff war hier getan, denn es gelang dabei zum erstenmal, die Geschwindigkeit einer Gasreaktion reproduzierbar zu messen und systematisch unter den verschiedensten Bedingungen zu studieren. Aber die Ergebnisse trugen deutliche Zeichen der Unvollkommenheit in sich, und es ist für BODENSTEINS ganze Arbeitsweise charakteristisch, daß er schon bei dieser ersten wissenschaftlichen Arbeit eine Unklarheit nicht auf sich beruhen ließ, sondern der Sache, sobald er konnte, mit verbesserter apparativer Methodik nachging. Diese Gelegenheit nahm er wahr, als er nach einem Studienaufenthalt bei LIEBERMANN in Charlottenburg und NERNST in Göttingen nach Heidelberg zurückgekehrt war. Sobald er die Ursache der Unstimmigkeiten in einer Adsorption des Jodwasserstoffgases an den Glaswänden erkannt hatte, konnte er in den Jahren 1897 und 1899 am Jodwasserstoff erstmalig die Gleichgewichtsverhältnisse und Kinetik einer Gasreaktion völlig aufklären, und zwar mit einer Gründlichkeit, daß sie bis heute ein Schulbeispiel geblieben ist. Die Erfahrungen aber, die BODENSTEIN in diesen Untersuchungen gewonnen hatte, gestatteten ihm, in einer Reihe von weiteren experimentellen Arbeiten über die Bildung von Schwefelwasserstoff, Selenwasserstoff und Wasserdampf aus den Elementen (1899) kritisch zur Frage der sog. „falschen Gleichgewichte" Stellung zu nehmen. Es war insbesondere von PÉLABON behauptet worden, daß — um es in Worten BODENSTEINS auszudrücken — die genannten Gasreaktionen „Punkte erkennen ließen, an welchen die vordem in Gang befindlichen Reaktionen haltmachten, ohne daß die reaktionsfähige Substanz verbraucht oder an eine Beschränkung der Vorgänge durch die entgegengesetzten zu denken wäre". Ein solches Phänomen hätte für die chemische Kinetik und Gleichgewichtslehre große prinzipielle Bedeutung gehabt und hatte deswegen das Interesse von DUHEM gefunden, der an seine Realität glaubte und daraus weitgehende theoretische Konsequenzen zog. Durch die BODENSTEINschen Arbeiten ist dieser Begriff der „falschen Gleichgewichte" wieder aus der physikalischen Chemie verschwunden.

Im Jahre 1899 habilitierte sich BODENSTEIN in Heidelberg, um 1900 als Privatdozent nach Leipzig an das OSTWALDsche Institut zu gehen. Hier gewann er alsbald Mitarbeiter und setzte nun in erweitertem Umfange seine Arbeiten über die Kinetik der Gasreaktionen fort, indem er sich besonders den heterogenen Katalysen zuwandte (Antimonwasserstoffzerfall, Verbrennung von schwefliger Säure, Wasserstoff und Kohlenoxyd an Kontakten und Gefäßwänden), die von ihm erstmalig vom kinetischen Standpunkt aus untersucht wurden. Hier entstand auch im Jahre 1906 in Zusammenarbeit mit LIND die klassische Arbeit über die Bildung des Bromwasserstoffs aus seinen Elementen, deren Versuchsergebnisse in ihrer späteren Deutung durch CHRISTIANSEN, HERZFELD und POLANYI uns zum erstenmal einen Einblick in das chemische Verhalten von freien Atomen gestatteten. 1906 ging BODENSTEIN als Abteilungsvorsteher zu NERNST nach Berlin, wo er bis 1908 blieb, um dann einem Ruf als Ordinarius an die Technische Hochschule Hannover zu folgen. Seinem Arbeitsgebiet blieb er auch bei diesen Wechseln treu. Zu den wichtigsten Arbeiten vor dem Weltkrieg gehört die Gleichgewichtsmessung der Dissoziation des Joddampfes (1910 gemeinsam mit STARCK), ein experimentelles Meisterstück, das uns die erste Kenntnis der Dissoziationsenergie dieses Moleküls lieferte; das Ergebnis wurde viele Jahre später, als es J. FRANCK gelang (1925), das Spektrum des Joddampfes zu deuten, glänzend bestätigt. Besonders folgenreich erwies sich aber die Wiederaufnahme der photochemischen Arbeiten, insbesondere die Untersuchung der Vereinigung von Chlor und Wasserstoff im Licht (1912 gemeinsam mit DUX). Die Diskussion der Versuchsergebnisse (1913) vom Standpunkt der quantenhaften Lichtabsorption führte BODENSTEIN zu der Erkenntnis, daß im Falle dieser

Reaktion pro absorbiertes Lichtquant Hunderttausende von Molekülen umgesetzt würden, und er deutete diese Tatsache durch die Annahme einer Reaktionskette, die durch das erste absorbierte Lichtquant ausgelöst würde. Wenn auch die Natur dieser Reaktionskette erst später von NERNST richtig erkannt wurde, so hat sich doch die Idee an sich als ungemein fruchtbar erwiesen, insbesondere als sich zeigte, daß auch bei thermischen Reaktionen Reaktionsketten eine ganz fundamentale Rolle spielen. Mit einer Fülle von experimentellen Erfahrungen und im Besitze einer Versuchsmethodik, die zur Anwendung auf ein reiches Feld von Spezialproblemen drängte, kam BODENSTEIN 1923 nach Berlin. Der große Kreis von Schülern, der sich bald um ihn schloß, ging nun an die Ausarbeitung des gesamten Gebietes der Gasreaktionskinetik. Immer detailliertere Forderungen wurden an die Analyse des Reaktionsmechanismus bei den bereits bekannten Reaktionen gestellt, und immer neue Reaktionen erwiesen sich als analysierbar. Während die prinzipiell neuen Ergebnisse seltener wurden, begannen sich die Einzelergebnisse immer mehr gegenseitig zu stützen, und es rundete sich das Gesamtbild.

Das Altern schien spurlos an BODENSTEIN vorüberzugehen. Schnell hatte er die Enttäuschung überwunden, die ihn bei seiner 1936 erfolgten Emeritierung überkam. Er erkannte die Vorteile, die die Befreiung von allerhand lästigen Dienstverpflichtungen ihm bot, und stand kurz darauf in dem kleinen Laboratorium, das er sich in seinem früheren Institut eingerichtet hatte, an seinem Experimentiertisch wie ein junggebackener Doktor, um sich in die Arbeit zu stürzen. Bei Ausbruch des Krieges nahm er mit jugendlicher Elastizität seine Vorlesungstätigkeit wieder auf — seine alten Vorlesungsmanuskripte hatte er unvorsichtigerweise bereits alle vernichtet. Bis in die letzten Tage gesund und im Beruf tätig, ist er dann plötzlich von der schweren Krankheit erfaßt worden, die ihn in wenigen Tagen bezwang.

Der Erfolg seines beruflichen Lebens lag zum Teil in dem Arbeitsgebiet begründet, das BODENSTEIN sich gewählt hatte. Die seit Anfang des Jahrhunderts sich stürmisch entwickelnde Atomistik ließ das Interesse an reaktionskinetischen Untersuchungen natürlich wachsen. Gerade die einfachen Gasreaktionen boten die meiste Aussicht, zu einem physikalischen Verständnis des chemischen Geschehens zu gelangen, und lenkten daher das Interesse des Theoretikers auf sich. Andererseits gewannen in der Großtechnik die Gasreaktionen dauernd wachsende Bedeutung. Beide Strömungen vollzogen sich im wesentlichen ohne unmittelbares Zutun BODENSTEINS und trugen sein Werk in die Höhe. Viel wesentlicher aber sind die Faktoren, die in der wissenschaftlichen Persönlichkeit BODENSTEINS begründet lagen. Er war der geborene Experimentator, und das Gebiet forderte einen solchen Mann. Seine Hände drängten nach sinnvoller Betätigung, und die Freude am Handwerklichen war bei ihm ganz elementar. Wie konnte er voller Befriedigung schmunzeln, wenn es ihm gelungen war, durch einen besonderen Kniff apparative Schwierigkeiten zu meistern, und wie fand jeder sofort sein Ohr, der über solche Dinge berichten konnte. Wie stolz war er auf irgendeinen Gebrauchsgegenstand, den er selbst im Hause mit originellen Methoden repariert hatte, oder auf das Gedeihen seines großen Gartens, den er bis in die letzten Tage seines Lebens in anstrengender körperlicher Arbeit selbst besorgte, wie gern hatte er photographiert und zeigte seine Sammlung der zahllosen schönsten Bilder, die er in den Alpen immer wieder gemacht hatte, und von denen einige auch gelegentlich veröffentlicht worden sind. Nur ein Mann mit einem solchen Bedürfnis, seine Hände zu rühren, konnte sein Werk schaffen. Und bei der Größe seiner Aufgabe mußte es ein Mann sein, der sich in seinen Arbeitszielen zu beschränken verstand. Er hat das Wort wahr gemacht, daß sich erst darin der Meister zeigt. Mit einer ungewöhnlichen Offenheit hat er stets seine Grenzen betont, ja objektiv genommen, übertrieben. Worte (wie er sie z. B. gegenüber DUHEM in seiner Polemik über die falschen Gleichgewichte benutzte): „Ich verfüge als Chemiker nicht über eine hinreichende Übung in mathematischen Entwicklungen", konnte man bei jeder Gelegenheit mündlich von ihm zu hören bekommen. Und darin lag echte Bescheidenheit und kein ironisch versteckter Dünkel, den manchmal der Experimentator gegenüber dem Theoretiker im Herzen trägt. BODENSTEIN wußte den Wert einer guten Theorie stets zu schätzen, und ohne seinen Glauben an ihre innere Kraft ist sein ganzes Lebenswerk gar nicht zu denken.

Seine schlichte, natürliche Art aber war es vor allem, durch die er auf die jüngeren Physikochemiker einen Einfluß gewann, der sich weit über den Kreis seiner eigentlichen Schüler hinaus erstreckte. Von Natur gesellig, war ihm der freundschaftliche Verkehr auch mit jüngeren Fachgenossen ein Bedürfnis; die frohen Feste und gemütlichen Stunden im Kreise seiner Familie werden allen unvergessen bleiben, die an ihnen teilnehmen konnten. Unermüdlich war er um die Förderung der Jungen besorgt. Er hatte die Freude, zu sehen, wie eine große Zahl seiner Schüler in führende Stellungen der Wissenschaft und Technik gelangten, und er ist vielleicht der letzte aus der Reihe der deutschen großen Physikochemiker, die auch im Auslande viele Schüler von wissenschaftlichem Rang und Namen besitzen. Ein starkes Band ist durch seinen Tod hier zerrissen worden.

Bis zuletzt ist ihm das Interesse an seiner Wissenschaft erhalten geblieben: das war die Grundlage für den lebendigen Kontakt, den er wie kein anderer der Älteren seines Faches mit der jüngeren Generation behielt. In der jüngsten Zeit hatte er wieder eine Arbeit über den Jodwasser-

stoff vorgenommen; das Thema, das ihn schon in seiner Jugend beschäftigt und später seinen Ruhm begründet hatte, zog ihn wieder an. Mit moderner Versuchstechnik wollte er es noch einmal bearbeiten. Das ist ihm verwehrt geblieben. Wer denkt aber dabei nicht an die Worte GOETHES: „Der ist der glücklichste Mensch, der das Ende seines Lebens mit dem Anfang in Verbindung setzen kann".

Fragen und Ergebnisse der Ionosphärenforschung.

Von J. ZENNECK, München.

Die Grundlage der Ionosphärenforschung ist bekanntlich die Tatsache, daß die hohen Atmosphärenschichten zum Teil ionisiert, d. h. elektrisch leitend, sind und elektromagnetische Wellen, die darauf fallen, reflektieren. Man nützt das nach dem Vorgang von BREIT und TUVE in der Weise aus (s. Fig. 1), daß man auf dem Erdboden einen Sender (S), der sehr kurze Gruppen (Länge ungefähr 10^{-4} sec) aussendet (sog. Impulssender), und gewöhnlich unmittelbar daneben einen Empfänger (E) aufstellt. Der Empfänger bekommt dann einmal einen Teil der Wellen unmittelbar vom Sender („direkte Welle"), und dann einen Teil der Wellen, der vom Sender hinauf zur Ionosphäre ausgestrahlt und von dieser reflektiert wird („reflektierte Welle", „Echo"). Gemessen wird der Zeitunterschied zwischen dem Eintreffen der direkten Welle und demjenigen des Echos, die sog. „Laufzeit" (z) des Echos.

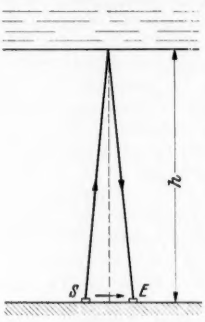


Fig. 1. Grundsätzliche Anordnung bei der Echo-Methode der Ionosphärenforschung.

Selbst bei bescheidenen Ansprüchen muß die Genauigkeit der Laufzeitmessung einige hunderttausendstel Sekunden betragen. Daß diese Bedingung eine experimentell schwierige Aufgabe behandelt, braucht nicht betont zu werden. Sie ist gelöst worden, und zwar derart, daß diese Laufzeiten dauernd automatisch registriert werden, sogar zugleich mit Zeitmarken. Daß die Lösung, die die einzelnen Ionosphärenstationen gefunden oder nachempfunden haben, von sehr verschiedener Güte ist, geht aus den Veröffentlichungen der verschiedenen Stationen hervor. Auf die Art, wie die Aufgabe experimentell gelöst wurde, soll hier nicht eingegangen werden.

1. Wahre und scheinbare Höhe.

Besprochen werden soll aber die Frage der Auswertung der experimentellen Ergebnisse, die während der letzten Zeit in einer Reihe von Arbeiten behandelt wurde.

1. Die Messung der Laufzeit (z) ist natürlich nicht Selbstzweck. Man will aus ihr die Höhe der Reflexionsstelle ableiten. Das Verfahren, das man üblicherweise verwendet, um aus der Laufzeit die Reflexionshöhe zu berechnen, ist sehr einfach.

Man führt „die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Wellen" ein, setzt sie gleich der Lichtgeschwindigkeit c in nicht ionisierter Luft und erhält die Reflexionshöhe (h') als die Hälfte des Laufwegs (cz), also

$$h' = \tfrac{1}{2} cz.$$

Die Höhe h', die man auf diese Weise berechnet, nennt man die „scheinbare, wirksame, virtuelle oder äquivalente Höhe". Man ist sich klar darüber, daß es nicht die „wahre Reflexionshöhe" sein kann, weil man bei der Berechnung eine Fortpflanzungsgeschwindigkeit eingesetzt hat, die den wirklichen Verhältnissen nicht entspricht. Die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Wellen ist wohl $= c$, solange sie sich in Luft bewegen, die praktisch nicht ionisiert ist. Aber sobald die Wellen beim Weg hinauf oder hinab Atmosphärengebiete durchlaufen, die merklich ionisiert sind, ist die Fortpflanzungsgeschwindigkeit überhaupt nicht konstant, sondern hängt in jeder Höhe von der dort vorhandenen Ionisationsstärke ab; als ihr Maß darf die sog. „Elektronenkonzentration" N, d. h. die Anzahl der Elektronen im Kubikzentimeter, in all den Fällen gelten, in denen die in der Luft vorhandenen Elektronen und nicht die Ionen maßgebend sind. Außerdem aber wird in einem ionisierten Medium die Fortpflanzungsgeschwindigkeit verschieden, je nach der Frequenz f der Wellen. Im einfachsten Fall gilt für die Fortpflanzungsgeschwindigkeit u die Beziehung

$$\left(\frac{c}{u}\right)^2 = 1 - \frac{Ne^2}{\pi m} \cdot \frac{1}{f^2} = 1 - \frac{f_0^2}{f^2}, \qquad (1)$$

worin e bzw. m Ladung bzw. Masse eines Elektrons, f die Frequenz der Welle ist und zur Abkürzung gesetzt wird: $f_0^2 = Ne^2/\pi m$. Endlich bringt die Abhängigkeit der Fortpflanzungsgeschwindigkeit von der Frequenz noch eine weitere Komplikation mit sich. Sobald die Fortpflanzungsgeschwindigkeit u, unter der in der Gleichung oben tatsächlich die „Phasengeschwindigkeit" gemeint ist, von der Frequenz abhängt, ist für die Fortpflanzung kurzer Wellengruppen, wie sie die Impulssender der Ionosphärenstationen aussenden, nicht diese, sondern die „Gruppengeschwindigkeit" v maßgebend, die im einfachsten Fall zur Phasengeschwindigkeit u in der Beziehung steht

$$uv = c^2 \quad \text{oder} \quad \frac{v}{c} = \frac{c}{u}, \qquad (2)$$

so daß also nach Gl. 1

$$\frac{v}{c} = \sqrt{1 - \frac{f_0^2}{f^2}} = \sqrt{\frac{f^2 - f_0^2}{f^2}} \qquad (3)$$

wird.

In diesem Fall ist

$$z = 2\int_0^h \frac{dh}{v} \qquad (4)$$

(h = wahre Höhe)

und die daraus abgeleitete scheinbare Höhe

$$h' = \frac{1}{2} cz = c\int_0^h \frac{dh}{v} = \int_0^h \frac{f \cdot dh}{\sqrt{f^2 - f_0^2}}, \qquad (5)$$

worin f_0^2, entsprechend der verschiedenen Elektronenkonzentration N in den verschiedenen Höhen eine Funktion der wahren Reflexionshöhe h ist.

2. Qualitativ folgt daraus, daß man nach der Frequenz f, mit der man arbeitet, bei demselben

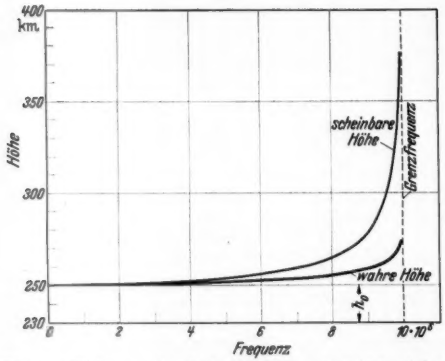


Fig. 2. Wahre und scheinbare Höhe in Abhängigkeit von der Frequenz (F_2-Schicht an einem Frühlingsabend).

Zustand der Ionosphäre verschiedene scheinbare Höhen h' bekommen muß. Nach der Theorie ist die Reflexionshöhe dadurch bestimmt, daß in ihr $c/u = 0$ oder

$$f^2 = f_0^2 = \frac{Ne^2}{\pi m} \qquad (6)$$

wird. Diese Gleichung gibt die Frequenz f, die in der Höhe einer bestimmten Elektronenkonzentration N reflektiert wird. Besonders wichtig ist die Frequenz, deren Reflexion in der Höhe der maximalen Elektronenkonzentration der Schicht erfolgt, die also eben noch an der Schicht reflektiert wird. Man nennt sie die „Grenzfrequenz" f^0 der Schicht.

Quantitativ ergibt sich folgendes: Die Gl. 5 liefert die scheinbare Höhe h', wenn man weiß, in welcher Weise die Elektronenkonzentration N von der wahren Höhe h abhängt. Umgekehrt läßt sich aus Gl. 5 aber die wahre Höhe h berechnen, wenn man die scheinbare Höhe h' für die verschiedenen Frequenzen weiß. Denn für die wahre Höhe h als Unbekannte hat Gl. 5 den Charakter einer ABELschen Integralgleichung. Ihre Lösung ist von der Form

$$h - h_0 = \frac{2}{\pi}\int_0^f \frac{(h' - h_0) \cdot df}{\sqrt{f^2 - f_0^2}}, \qquad (7)$$

worin h' die scheinbare Höhe für die verschiedenen Frequenzen f, d. h. also eine Funktion der Frequenz f, ist und h_0 die untere Grenze der Schicht bedeutet.

Voraussetzung für die Berechnung der wahren Reflexionshöhe ist also, daß man die Werte der scheinbaren Höhe für die verschiedenen Frequenzen kennt. Dafür sind aber die meisten Ionosphärenstationen eingerichtet. Sie haben eine Anordnung für die sog. „Durchdrehaufnahmen". Dieser Name kommt daher, daß bei der Aufnahme der Drehkondensator des Senders und Empfängers zur kontinuierlichen Änderung der Frequenz durchgedreht wird. Die Anordnung ist so getroffen, daß die Frequenz des Senders und Empfängers automatisch allmählich variiert und automatisch eine Kurve aufgezeichnet wird, die die scheinbare Höhe als Funktion der Frequenz darstellt.

Besitzt man also eine solche „Durchdrehaufnahme", so lassen sich nach Gl. 7 die wahren Reflexionshöhen und damit auch die wahre Höhe der maximalen Elektronenkonzentration der Schicht berechnen. Diese letztere meint man, wenn man von „der Höhe einer Schicht" spricht.

Das Geschilderte ist der Grundzug des Verfahrens, das PEKERIS (1) und RYDBECK (2) in ihren Arbeiten ausgeführt und RYDBECK auch durch Beispiele illustriert hat. Die Beziehungen werden bei Berücksichtigung des erdmagnetischen Feldes komplizierter als die oben angegebenen. In Fig. 2 ist der Fall wiedergegeben, in dem die Fortpflanzungsrichtung der vertikal nach oben geschickten Wellen nicht allzusehr sich von der Richtung des erdmagnetischen Feldes unterscheidet, wie es in unseren Breiten annähernd zutrifft. Sie bezieht sich auf die F_2-Schicht an einem ungestörten Frühlingsabend. Man sieht darin, wie stark die scheinbare Höhe (schwach ausgezogene Kurve) in der Nähe der Grenzfrequenz ansteigt und wieviel geringer der Anstieg der wahren Höhe (stark ausgezogene Kurve) im selben Frequenzgebiet ist.

In Fig. 2 sind als Abszissen die Werte der Frequenz f aufgetragen. Da nach Gl. 6 die Elektronenkonzentration N, die nötig ist, um Wellen von der Frequenz f zu reflektieren, $= \pi m f^2/e^2$ ist, so braucht man nur die Abszissen entsprechend umzuzeichnen, um die Verteilung der Elektronenkonzentration mit der Höhe zu erhalten, wenigstens für den Teil der Schicht, der unterhalb der Höhe mit der maximalen Elektronenkonzentration liegt.

3. Die Oberseite einer Schicht, d. h. der Teil, der sich oberhalb der Höhe mit der maximalen Elektronenkonzentration befindet, ist für die Wellen der Ionosphärensender nicht zugänglich,

wenigstens nicht, wenn die Schicht in horizontaler Richtung gleichmäßig ionisiert ist, also keine Elektronenwolken enthält. Nimmt man an, daß die Kurve, die die Verteilung der Elektronenkonzentration für die Oberseite der Schicht darstellt, spiegelbildlich zu derjenigen für die Unterseite ist, so ergibt sich eine Verteilung der Elektronenkonzentration mit der Höhe von der Form der Fig. 3a. Kennt man aber den Charakter der Kurve, die die Verteilung der Elektronenkonzentration mit der Höhe darstellt, und besitzt man Durchdrehaufnahmen, die die scheinbaren Höhen in Abhängigkeit von der Frequenz geben, so läßt sich die wahre Höhe des Scheitels der Schicht in verhältnismäßig einfacher Weise aus den Durchdrehaufnahmen ermitteln. Das haben K. RAWER (3) und andererseits H. G. BOOKER und S. L. SEATON (4) gezeigt. Der erstere legte seinen Rechnungen eine Verteilung von der Art der Fig. 3a zugrunde, die sich mathematisch leicht darstellen läßt. Die beiden letzteren Verfasser vereinfachen die Rechnung noch mehr dadurch, daß sie eine parabolische Verteilung der Elektronenkonzentration von der Art der Fig. 3b annehmen. In beiden Fällen läßt sich das Ergebnis der Rechnung auf folgende Form bringen: Ist f^0 die Grenzfrequenz der betreffenden Schicht und ist f' die Frequenz, bei der die scheinbare Höhe $h' =$ der wahren Scheitelhöhe h^0 ist, so ist

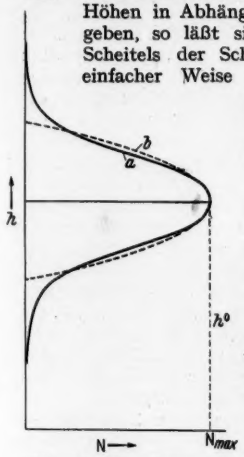


Fig. 3. Verteilung der Elektronenkonzentration mit der Höhe: *a)* Annahme von RAWER, *b)* Annahme von BOOKER und SEATON.

$$\text{nach RAWER } f' = 0{,}707\, f^0, \qquad (8a)$$

$$\text{nach BOOKER und SEATON } 0{,}834\, f^0. \qquad (8b)$$

Zur Bestimmung der wahren Scheitelhöhe der Schicht entnimmt man also der Durchdrehaufnahme die Grenzfrequenz f^0, berechnet nach Gl. 8a oder 8b die Frequenz f' und sieht in der Durchdrehaufnahme nach, welche scheinbare Höhe dieser Frequenz entspricht. Die zu f' gehörige scheinbare Höhe ist dann die wahre Scheitelhöhe h^0.

Der Mangel dieses in der Ausführung sehr einfachen Verfahrens ist, daß das Verhältnis f'/f^0 nach Gl. 8, wie ja schon aus den Gl. 8a und 8b hervorgeht, sich verschieden ergibt, je nach den Annahmen, die man über die Verteilung der Elektronenkonzentration mit der Höhe macht. RAWER (5) hat gezeigt, daß man bei einer Reihe durchaus vernünftiger Annahmen Werte zwischen 0,5 und 0,834 erhalten kann. Der Vorteil der Methode ist, daß sie viel einfacher zu handhaben ist als die grundsätzlich richtige, aber mühsame Methode von PEKERIS und RYDBECK. Praktisch ausreichend würde sein, einmal für die verschiedenen Typen von Durchdrehaufnahmen das Verhältnis f'/f^0 nach der Methode von PEKERIS bzw. RYDBECK zu ermitteln und dann bei den einzelnen Durchdrehaufnahmen das Verfahren von RAWER bzw. BOOKER und SEATON mit demjenigen Wert des Verhältnisses f'/f^0 zu verwenden, der zu dem Typ der Aufnahme gehört.

II. Die Temperaturen der Ionosphäre.

Es ist eine merkwürdige Tatsache, daß man über den Elektronengehalt eines Kubikzentimeters Luft in der Ionosphäre z. B. in 300 km Höhe sehr viel

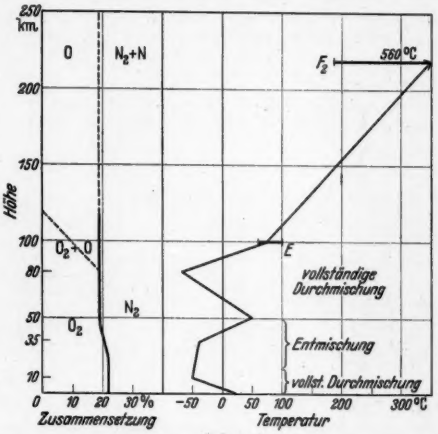


Fig. 4. Zusammensetzung und Temperatur der Atmosphäre in verschiedenen Höhen (nach R. PENNDORF).

besser unterrichtet ist, als über die Temperatur, die dort herrscht.

Günstiger liegen die Verhältnisse bei der Stratosphäre [vgl. Fig. 4, die einer Arbeit von R. PENNDORF (6) entnommen ist]. Bis etwa zu einer Höhe von 25 km ist die Temperatur durch direkte Messung bekannt: sie fällt von unten nach oben bis zu einer Höhe, die in unseren Breiten ungefähr 12 km beträgt, im übrigen aber sehr von der geographischen Breite abhängt, bis ungefähr $-50°$ C ab und bleibt dann nach oben ungefähr konstant. Weiter oben wird der Gang der Temperatur vollkommen beherrscht durch die Ozonschicht, die infolge ihrer ungeheuer großen Absorption für UV-Licht sich an ihrer Oberseite stark erwärmen muß. Aus den verschiedenartigsten Messungen (Schärfe von Stickstoffbanden, anomale Schallausbreitung, Gezeiten der Atmosphäre) darf der Schluß gezogen werden, daß die Temperatur in 40 km Höhe zwischen 0 und 10°, in 50 km Höhe bei ungefähr $+50°$ liegt. Zwischen 50 und 80 km Höhe liegt kein Grund zu einer starken Absorption von Sonnenstrahlen vor, die Temperatur wird also abfallen. In 80 km Höhe

ändert sich augenscheinlich die Struktur der Atmosphäre: das folgt aus einer Reihe von Erscheinungen (leuchtende Nachtwolken, Krakatauwolken, Meteorschwänze, Untergrenze der Nordlichter), die unverständlich sein würden, wenn die Änderung der Atmosphärenverhältnisse von 50 km nach oben gleichmäßig erfolgte. Die Annahme ist deshalb berechtigt, daß die Zunahme der Temperatur mit der Höhe, die in der Höhe der E-Schicht (100 km) sicher vorliegt, von 80 km an erfolgt.

Für die Schätzung der Temperatur im Gebiet der E-Schicht stehen außer den eigentlichen Ionosphärenmethoden, von denen nachher die Rede sein wird, Methoden zur Verfügung, die man den

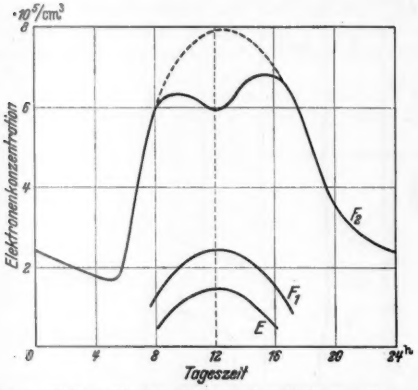


Fig. 5. Schematischer Verlauf der Elektronenkonzentration bei den verschiedenen Schichten in Abhängigkeit von der Tageszeit.

Nordlichtern verdankt. HARANG (7) hat Höhenbestimmungen an Nordlichtern gemacht, von denen ein Teil in der dunklen, ein Teil in der sonnenbeschienenen Atmosphäre lag. Er fand, daß die Untergrenze des sonnenbeschienenen Teils um 15 bis 20 km höher war als des Teils im Dunklen. Da die Nordlichter eine Folge von Korpuskularstrahlen sind, so müssen entsprechende Teile derselben in Höhen vom selben Druck auftreten; die höhere Lage des sonnenbeschienenen Teils zeigt also eine höhere Temperatur in diesem Teil. Einen anderen Weg der Temperaturbestimmung im Nordlicht und damit auch im E-Gebiet haben VEGARD und TÖNSBERG (8) eingeschlagen. Die Intensitätsverteilung in den negativen Stickstoffbanden, und zwar im sog. „R-Zweig", ist temperaturabhängig. Nimmt man also das Bandenspektrum des Stickstoffs in dem Leuchten des Nordlichts und dann im Laboratorium bei verschiedenen Temperaturen auf, so folgt daraus ein Wert für die wirksame Temperatur der Nordlichtregion, allerdings, wenn die Messungen an Nordlichtern, wie es tatsächlich der Fall war, in ungefähr 70° nördlicher Breite und im Winter ausgeführt wurden, ein viel niedrigerer, als er für unsere Breiten im Sommer gilt.

Für die F_2-Schicht ist man zur Bestimmung der Temperatur auf die Methoden der Ionosphärenforschung selbst angewiesen. Auf eine Möglichkeit hat E. V. APPLETON (9) schon vor längerer Zeit aufmerksam gemacht. Der tägliche Verlauf der Elektronenkonzentration der E-, F_1- und F_2-Schicht ist schematisch in Fig. 5 dargestellt. Bei der E- und F_1-Schicht folgt sie durchaus dem Sonnenstand, bei der F_2-Schicht weicht sie erheblich davon ab: beim höchsten Sonnenstand um Mittag ist sie nicht im Maximum, sondern in einem schwach ausgeprägten Minimum, während ein schwächeres Maximum um ungefähr 10^h, ein stärkeres am Abend eintritt. Die Erklärung, die APPLETON dafür gibt, ist ungefähr folgende: Würde die Ionisation durch die Sonnenstrahlen allein wirksam sein, so würde die Kurve, die die Elektronenkonzentration der F_2-Schicht für die verschiedenen Tageszeiten darstellt, entsprechend den Verhältnissen bei der E- und F_1-Schicht, die in Fig. 5 gestrichelte Kurve F_2 sein. Tatsächlich bewirkt die Sonnenstrahlung aber nicht nur die Ionisierung, sondern auch eine Erwärmung und damit Ausdehnung im F_2-Gebiet. Eine solche hat aber zur Folge, daß auch bei gleicher Ionisierung, d. h. der gleichen Gesamtzahl der vorhandenen Elektronen, die Elektronenkonzentration, d. h. die Zahl der Elektronen im Kubikzentimeter, die man bei den Echomessungen tatsächlich bekommt, kleiner wird. Ein höherer Sonnenstand kann also eine geringere Elektronenkonzentration zur Folge haben als ein niedrigerer, wenn die Zunahme der Ionisierung durch den höheren Sonnenstand durch die von ihm bewirkte stärkere Erwärmung überkompensiert ist. Nach dieser Auffassung läßt sich aus der beobachteten, in Fig. 5 stark ausgezogenen Kurve F_2 die Temperatur annähernd berechnen — APPLETON findet ungefähr $+1200°$ K.

Ein Verfahren zur Berechnung der Temperatur, sowohl in der E- als in der F_2-Schicht, hat C. L. PEKERIS (1) in neuerer Zeit angewandt. Es beruht auf der Theorie von CHAPMAN (11) über die Bildung von Schichten, auf den Durchdrehaufnahmen der Ionosphärenforschung und auf der Möglichkeit der Berechnung der wahren Reflexionshöhen aus derselben (s. o.). Nach der Theorie von CHAPMAN gilt für eine Ionosphärenschicht, wenn N_M die Elektronenkonzentration im Maximum (Scheitel) der Schicht, h_M ihre wahre Höhe, N die Elektronenkonzentration in der darunterliegenden wahren Höhe h bedeutet,

$$2H = \frac{h_M - h}{\sqrt{1 - N/N_M}}. \qquad (9)$$

Darin ist H die Höhe der isothermen Ionosphäre, d. h. die Höhe, die die Atmosphäre bei demselben Druck an der Erdoberfläche hätte, wenn sie überall dieselbe Temperatur besäße. Außerdem ist

$$H = \frac{kT}{\overline{m}g}, \qquad (10)$$

worin k die BOLTZMANNsche Konstante, T die ab-

solute Temperatur, g die Erdbeschleunigung und $\bar{m}$ die mittlere Masse einer Molekel ist.

Aus den Durchdrehaufnahmen, die die Elektronenkonzentration N in Abhängigkeit von der scheinbaren Höhe geben, und aus der Umrechnung der scheinbaren auf wahre Höhe, läßt sich nach Gl. 9 die Größe H berechnen. Aus Gl. 10 folgt dann die Temperatur T, wenn man die mittlere Masse $\bar{m}$

Tabelle.

Schicht	Bezeichnung	Zusammensetzung	$H = 11{,}4$ km Temperatur
E	A_1	81% N_2 19% O_2	374° K
	A_2	81% N_2 19% O	330° K
	A_3	67% N_2 32% O	308° K

Schicht	Bezeichnung	Zusammensetzung	$H = 20$ km Temperatur	$H = 30$ km Temperatur
F_2	B_1	81% N_2 19% O_2	625° K	936° K
	B_2	93% N_2 6% O_2	608° K	912° K
	B_3	81% N_2 19% O	557° K	834° K
	B_4	36% N_2 64% O	442° K	662° K
	B_5	41% N_2 40% N 19% O	437° K	655° K

einer Molekel, d. h. die Zusammensetzung der Luft, kennt. Nach allem, was man weiß, enthalten die Ionosphärenschichten infolge der Durchmischung praktisch nur Sauerstoff und Stickstoff, nicht etwa die leichten Gase He und H, wie man früher aus der Annahme eines statischen Gleichgewichts der Atmosphäre annahm. Der Wert der mittleren Masse $\bar{m}$ einer Molekel hängt deshalb ab von dem Grad der Dissoziation von O_2 und evtl. auch N_2. Eine gewisse Dissoziation muß unter allen Umständen vorhanden sein, wenn die Sonnenstrahlung schon ausreicht, um diese Gase zu ionisieren; wie stark sie ist, darüber ist nichts Näheres bekannt. Es bleibt nichts anderes übrig, als die Temperaturen unter verschiedenen Annahmen zu berechnen, um wenigstens Grenzwerte zu bekommen. Das hat PENNDORF (10) getan und das Ergebnis in der vorstehenden Tabelle zusammengestellt. Danach sind die Temperaturen in der Ionosphäre wohl wesentlich höher, als man nach der bisherigen Kenntnis der Stratosphäre erwarten durfte, aber doch nicht so hoch, als es nach manchen Arbeiten schien.

III. Ionosphärenforschung und Sonnenphysik.

Die Bedeutung der Errungenschaften einer Wissenschaft, z. B. der Physik, für eine andere kann kaum besser illustriert werden als durch den Hinweis auf das Mikroskop in seiner Bedeutung für alle biologischen Wissenschaften oder auch die der Röntgenstrahlen in ihrer Bedeutung für die Medizin.

Die Wichtigkeit der Ionosphärenforschung für die Funkübertragung und Flugnavigation soll nicht besprochen, auf zwei andere Gebiete soll aber hingewiesen werden.

Während sichtbarer *Nordlichter* zeigen die Ionosphärenaufnahmen mit fester Frequenz ganz bestimmte Erscheinungen, unter Umständen scharf begrenzte Schichten, besonders eine in der Höhe von 140 km, außerdem fast immer eine breite, nach unten ziemlich scharf begrenzte, nach oben verwaschene Schicht [vgl. z. B. (12)], die zweifellos von Trägerwolken (Elektronenwolken) herrührt, an denen die Wellen des Impulssenders gestreut (reflektiert) werden [vgl. (13)]. Nach dem, was man von den Nordlichtern, aber auch aus anderen Gebieten der Ionosphärenforschung weiß, handelt es sich dabei um die Ionisierung durch geladene Korpuskularstrahlen aus der Sonne. Die Tatsache, daß diese Erscheinungen während eines sichtbaren Nordlichts in der Regel auftreten, berechtigt zu der Extrapolation, daß immer dann, wenn die Ionosphärenaufnahmen diese Erscheinungen zeigen, auch ein Einbruch von Korpuskularstrahlen aus der Sonne stattgefunden hat, ganz unabhängig davon, ob er zu einem beobachtbaren Nordlicht führte oder nicht. Die Ionosphärenforschung liefert also ein Reagens auf die Korpuskularstrahlung der Sonne, wahrscheinlich ein sichereres und mehr in die Einzelheiten gehendes als die erdmagnetischen Störungen, die meist ebenfalls eine Begleiterscheinung der Nordlichter und damit der Einbrüche von geladener Korpuskularstrahlung aus der Sonne sind.

Viel wichtiger sind die Ergebnisse der Ionosphärenforschung für die Untersuchung der *Ultravioletts trahlung* der Sonne. Hier steht überhaupt kein anderes Hilfsmittel als die Ionosphärenforschung zur Verfügung. Der Tatbestand ist folgender: Das Sonnenspektrum, das man an der Erdoberfläche selber bis hinauf zu einer Höhe von 30 km aufnimmt, schneidet bei ungefähr 2850 ÅE ab. Andererseits kann man sich keinen Strahlungsmechanismus denken, der die bekannten Bestandteile der Sonne veranlassen könnte, in dem Wellenlängengebiet unterhalb 2850 ÅE nicht zu strahlen. Außerdem zeigt der tägliche Verlauf der normalen E-, F_1- und F_2-Schicht, daß deren Ionisierung jedenfalls in der Hauptsache von dem Sonnenlicht herrührt, und zwar muß es das kurzwellige Sonnenlicht sein, da Wellenlängen größer als 2850 ÅE unter keinen Umständen ausreichen, um die in der Atmosphäre vorhandenen Gase zu ionisieren. Daß das an der Erdoberfläche beobachtete Sonnenspektrum bei 2850 ÅE abschneidet, hat also augenscheinlich seinen Grund darin, daß die kürzeren Wellenlängen auf die Atmosphäre wirken und dabei ihre Energie abgeben und absorbiert werden. Das

hat für die Ionosphärenforschung die unangenehme Folge, daß gerade diejenigen Strahlen, die für die Vorgänge in der Ionosphäre maßgebend sind und für die sich die Ionosphärenforschung deshalb in erster Linie interessiert, nicht zur optischen Beobachtung kommen und deshalb auch nicht bezüglich ihrer Intensität optisch gemessen werden können.

Eine Schätzung ihrer Intensität ist aber auf Grund der Ionisierung, die sie in der Ionosphäre hervorrufen, möglich (14). Man kommt zu dem Ergebnis, daß die normale Strahlung der Sonne in dem Gebiet unterhalb 1000 ÅE ganz ungefähr das 10^6-fache der Strahlung ist, die die Sonne bei einer Temperatur von 6000° im Maximum (schwarzer Strahler) haben könnte. Während also die Strahlung der Sonne im Ultraroten und Sichtbaren, auch noch im verhältnismäßig langwelligen UV-Gebiet im großen und ganzen der Strahlung eines Temperaturstrahlers von etwa 6000° sehr ähnlich ist, ist sie im kurzwelligen Ultraviolett größenordnungsmäßig davon verschieden, und zwar augenscheinlich infolge von Vorgängen extrem hoher Strahlungstemperatur auf der Sonnenoberfläche. Daß solche vorhanden sein müssen, folgt also unmittelbar aus der Ionosphärenforschung.

Eine noch viel stärkere kurzwellige UV-Strahlung, vielleicht auch noch viel höhere Temperaturen, müssen bei gewissen Sonneneruptionen auftreten. Es ist bekannt, daß auf solche Eruptionen, deren sichtbarer Teil sich optisch beobachten läßt, ein „Mögel-Dellinger-Effekt" (15), vielfach auch als „radio fade-out" bezeichnet, folgt. Er besteht in einem Zustand der Ionosphäre, bei dem der Funkverkehr unter Umständen vollkommen aussetzt. Seine Ursache ist zweifellos (16), daß durch eine außerordentlich starke UV-Strahlung aus der Eruption die Ionosphäre auch in Höhen unterhalb der *E*-Schicht stark ionisiert wird; die Folge davon ist, daß die Wellen eines Senders in diesen Höhen, in denen der Druck und damit die sekundliche Stoßzahl der Träger mit den Gasmolekeln oder den Gasatomen schon verhältnismäßig groß ist, stark absorbiert werden und weder zu der *E*- und *F*-Schicht hinauf- noch zum Erdboden als Echos zurückgelangen. Daß es sich bei dem Effekt um eine Wellen- und nicht um eine Korpuskularstrahlung handelt, folgt daraus, daß der Mögel-Dellinger-Effekt praktisch gleichzeitig mit der Eruption und nur auf der Tagseite der Erde auftritt. — Es soll nur erwähnt werden, daß mit den Eruptionen auch eine Korpuskularstrahlung verbunden ist, die aber erst später, bis rd. 32 Stunden nach der Eruption, auf der Erde eintrifft.

Der Mögel-Dellinger-Effekt als Maß für eine besonders starke UV-Strahlung aus der Sonne ist in neuerer Zeit noch zur Erklärung von *Kometen*erscheinungen herangezogen worden (17). Kometen zeigen unter Umständen sehr große Schwankungen in der Helligkeit, unter Umständen auch der Ausdehnung des Schweifes. Ein Beispiel dafür war der Komet Jurlof-Achmarof-Hassel (1939 d); bei ihm wurde am Abend des 21. April 1939 ein bedeutendes Anwachsen der Schweifhelligkeit und auch seiner Ausdehnung beobachtet, die in der Nacht vom 22. auf den 23. April rasch abfielen. Am 21. April wurde von 10.05 bis 10.45 und von 17.59 bis 19.00 MEZ. ein starker Mögel-Dellinger-Effekt und am 22. April früh 6.50 bis 7.30 ebenfalls ein Mögel-Dellinger-Effekt nachgewiesen. Ähnliches gilt von dem durch SCHWASSMAN und WACHMANN entdeckten Kometen 1925 II. Er hat zu bestimmten Zeiten außerordentliche Helligkeitsausbrüche gezeigt, in denen seine Lichtstärke bisweilen in kürzester Zeit auf das Hundertfache anstieg und oft ebenso rasch wieder abklang; anfangs Mai 1937 waren seine Helligkeitsschwankungen besonders stark. Auf der anderen Seite war die Sonnentätigkeit in dieser Zeit sehr kräftig, und am 6. Mai sind 6 starke Mögel-Dellinger-Effekte, am 1. Mai 6 Eruptionen, allerdings kein Mögel-Dellinger-Effekt, beobachtet worden, am 11. Mai war wieder eine Eruption von mittlerer und am 14. zwei schwache Eruptionen beobachtet worden. Wenn auch hier die Zuordnung von Helligkeitsschwankungen und Sonneneruptionen im einzelnen aus Mangel an Beobachtungsmaterial keine eindeutige war, so scheinen doch auch in diesem Fall die UV-Ausbrüche der Sonne eine wesentliche Rolle gespielt zu haben. Schon heute erblickt die Kometenforschung in den Ergebnissen der Ionosphärenforschung eine willkommene Bereicherung ihrer Hilfsmittel.

Literatur.

(1) C. L. PEKERIS, The vertical distribution of ionization in the upper atmosphere. Terr. Magn. 45, 205 bis 211 (1940). Ref. Hochfrequenztechn. 58, 11—14 (1941). — (2) O. RYDBECK, The propagation of electromagnetic waves in an ionized medium and the calculation of the true heights of the ionized layers of the atmosphere. Philosophic. Mag. 30, 282—293 (1940). Ref. Hochfrequenztechn. 59, 26—29 (1942). — (3) K. RAWER, Elektrische Wellen in einem geschichteten Medium. Zur Frage der partiellen Reflexion und zur Berechnung der scheinbaren Höhe von Ionosphärenschichten. Ann. Physik 35, 385—416 (1939). Hochfrequenztechn. 53, 150—157 (1939). — (4) H. G. BOOKER u. S. L. SEATON, Relation between actual and virtual ionospheric heights. Physic. Rev. 57, 87—94 (1940). Ref. Hochfrequenztechn. 56, 120—123 (1940). Einige Ergebnisse ihrer Arbeit sind schon von E. V. APPLETON, R. NAISMITH u. L. J. INGRAM [The critical frequency method of measuring upper atmospheric ionization. Proc. phys. Soc. 51, 81—92 (1939), [ref. Hochfrequenztechn. 55, 151—154 (1940)] bekanntgegeben worden. — (5) K. RAWER, Zur Frage der Auswertung von Ionosphärenbeobachtungen. Hochfrequenztechn. 58, 49—52 (1941). — (6) R. PENNDORF, Die Temperatur der hohen Atmosphäre. Meteor. Z., 58, 1—10 (1941). Vgl. auch R. PENNDORF, Die Konstitution der Stratosphäre. Meteor. Z. 58, 103—105 (1941). — (7) L. HARANG, Höhenänderungen des unteren Randes der Nordlichter bei Übergang von der dunklen zur sonnenbelichteten Atmosphäre. Gerlands Beitr. Geophys. 54, 81 (1939). — (8) L. VEGARD u. E. TÖNSBERG, Continued investigations on the temperature of the upper atmosphere

determined by means of bands appearing in the auroral spectrum. Geofysiske Publ., Oslo 11, Nr 2, 1—14 (1935). — (9) E. V. APPLETON, Temperature changes in the higher atmosphere. Nature (Lond.) 136, 52 (1933). Ref. Hochfrequenztechn. 46, 211—212 (1935) — (10) R. PENNDORF, Die Ionosphärentemperaturen. Naturwiss. 28, 751 (1940). Ref. Hochfrequenztechn. 58, 14 (1941). — (11) S. CHAPMAN, The absorption and dissociative or ionizing effect of monochromatic radiation in an atmosphere on an rotating earth. Proc. phys. Soc., Lond. 43, 26—45 (1931) — Part. II. Gracing incidence. Proc. phys. Soc., Lond. 43, 483—501 (1931). — (12) R. EYFRIG, G. GOUBAU, TH. NETZER, J. ZENNECK, Der Zustand der Ionosphäre während des Nordlichtes am 25. bis 26. Januar 1938 nach den Beobachtungen der Versuchsstation am Herzogstand. Hochfrequenztechn. 51, 149—152 (1938). — (13) B. BECKMANN, W. WENZEL u. F. VILBIG, Über streuende Reflexionen der Ionosphäre. Telegr.- u. Fernspr.-Techn. 28, 130 bis 135 (1939) — Mitt. Forsch.-Anst. Dtsch. Reichspost 4, 45—50 (1939). Ref. Hochfrequenztechn. 57, 26—27 (1941). — (14) K. O. KIEPENHEUER, Über die Ausstrahlung der Sonne im fernen Ultraviolett. I. Theorie der chromosphärischen Eruptionen. Z. Astrophys. 20, 332 bis 347 (1941). — (15) H. MÖGEL, Beziehungen zwischen Empfangsstörungen bei Kurzwellen und der magnetischen Tätigkeit der Erde. Telefunkenztg 11, Nr 56, 14—31 (1931) — Forsch. u. Fortschr. 7, Nr 2, 22—23 (1931). — J. H. DELLINGER, Sudden disturbances of the ionosphere. J. Res. Nat. Bur. Stand. 19, 111—141 (1937). — (16) L. V. BERKNER u. H. W. WELLS: Further studies of radio fade-outs. Terr. Mag. 42, 301—309 (1937). — (17) N. RICHTER, Helligkeitsschwankungen der Kometen und UV-Ausbrüche der Sonne (vorl. Mitteilung). Astr. Nachr. 269, 103—105 (1939) — Helligkeitsschwankungen der Kometen und Sonnentätigkeit. I. Erster SCHWASSMANN-WACHMANNscher Komet (1925 II). Astr. Nachr. 271, 207—215 (1941).

Georg Christoph Lichtenberg als Naturforscher.

Zur 200. Wiederkehr seines Geburtstages.

Von H. PUPKE, Rostock.

Am 1. Juli dieses Jahres jährte sich zum 200. Male der Geburtstag des Göttinger Physikers, Schriftstellers und Philosophen GEORG CRISTOPH LICHTENBERG. Seine Jugend verlebte der in Oberramstadt bei Darmstadt geborene Pastorensohn in Darmstadt, wo er bis zum Jahre 1761 die Lateinschule besuchte. Da der Vater früh verstorben war, konnte die Mutter für ihn die Mittel zum Studium nicht aufbringen und wandte sich daher mit einem Gesuch an den Landgrafen von Hessen. Mit einer Unterstützung von 400 Gulden bezog LICHTENBERG 1763 die Universität Göttingen, um Natur- und Geisteswissenschaften zu studieren. Hier legte er den Grundstein für jene Kenntnisse, die ihn in späteren Jahren dazu befähigten, beide Wissenschaften in einzigartiger Weise zu beherrschen. Bereits 1769 wurde er zum a.o. Professor und nach einem mehrjährigen Aufenthalt in England 1775 zum ord. Professor der Physik in Göttingen ernannt. Er hielt ausgezeichnete Vorlesungen über Experimentalphysik und entfaltete nun eine reiche schriftstellerische Tätigkeit. Von 1778 an gab er den „Göttinger Taschenkalender" heraus und veröffentlichte darin zahlreiche Abhandlungen teils allgemein naturwissenschaftlichen, teils philosophischen und satirischen Inhalts. Von 1780—1785 schloß sich noch die Herausgabe des Göttingischen Magazins an. „Nimmt man hinzu, daß er bis sieben Stunden des Tages Kolleg hielt (wobei die Privatkurse miteingerechnet sind), so bekommt man ein überwältigendes Bild von der Fülle und Spannweite seiner Tätigkeit und man begreift kaum, woher er die Zeit für einen regen Briefwechsel und seine ausgebreitete fachwissenschaftliche und literarische Lektüre nahm"[1]). Und LICHTENBERGS Schriften wurden über die Grenzen seines Vaterlandes hinaus bekannt: 1788 wurde er zum kgl. großbritannischen Hofrat ernannt, 1793 zum Mitglied der Londoner Sozietät der Wissenschaften, 1795 zum Mitglied der Petersburger Akademie der Wissenschaften gewählt; im gleichen Jahre erhielt er einen Ruf an die Universität Leyden, den er jedoch nicht annahm, zumal er in diesen Jahren sehr kränkelte. Am 24. Februar 1799 starb er an den Folgen einer Lungenentzündung.

Die Nachwelt hat LICHTENBERG verschiedentlich falsch beurteilt. Seit der Veröffentlichung seiner Tagebücher rechnete man ihn zu den ersten großen Aphoristikern und vergaß allmählich, daß LICHTENBERG eigentlich Naturforscher, insbesondere Physiker, war. Im folgenden sei daher LICHTENBERGS naturwissenschaftliches Schaffen behandelt.

LICHTENBERGS erste Veröffentlichung ist eine Plauderei: „Von dem Nutzen, den die Mathematik einem Bel Esprit bringen kann"[1]). Die Schrift ist durchweg ironisch. „Die Gelegenheit zu dieser Untersuchung gab mir das Vorurteil, welches ich schon längst unter einigen Leuten bemerkte, daß sie nämlich glauben, die Schäfer-Natur sei nur allein fähig, Gleichnisse und Anspielungen abzugeben, alle anderen Dinge hätten die Kraft nicht, und die Mathematik sei ganz ungeschickt dazu. Ich werde also diesen Herren zu Gefallen einen Versuch machen, und ein Paar auch in anderen Absichten erbauliche Wahrheiten, mit solchen Anspielungen vortragen". „So kann man sagen, HOMER und VIRGIL wären die Asymptoten der neueren epischen Dichter". „Wenn ich sage, die Gleichung für manchen Herrn käme heraus, wenn ich in der Gleichung für seinen Bedienten verschiedene Eigenschaften = 0 setzte, so erhalte ich dadurch, wenn ich nur einen Bedienten recht kenne, zugleich einen Begriff von vielen Herren, der noch den moralischen Nutzen hat, daß er uns die nahe Verwandtschaft von beiden sehr lebhaft zu erkennen gibt, und zeigt, wie alle Tage eines aus dem anderen werden kann". „Das Moment des Eindrucks, den ein Mann auf das gemeine Volk macht, ist ein Produkt aus dem Wert des Rocks in den Titel". In Anspielung auf seinen Lehrer KÄSTNER, der an der Stadtmauer Göttingens wohnte, schreibt LICHTENBERG: „Wenn man den gemeinschaftlichen Schwerpunkt der Häuser in einer Stadt suchte, und hernach den gemeinschaft-

[1]) Zitiert nach P. HAHN, G. CHR. LICHTENBERG und die exakten Wissenschaften. Göttingen: Vanderhoeck u. Ruprecht 1927.

[1]) Vermischte Schriften. Hrsg. von L. CH. LICHTENBERG u. F. KRIES. Göttingen: Dieterich 1800ff. (im folgenden abgekürzt als V. S.) 3, 1ff. (aus dem Hannöverischen Magazin vom Jahre 1766).

lichen Mittelpunkt der Leute, die darinnen wohnen, so würden sie oft weit voneinander liegend angetroffen werden. Mir ist eine Stadt bekannt, wo der erste auf dem Markt, der andere ganz nahe an die Stadtmauer fallen würde".

Außer dieser als ein Spaß anzusehenden Abhandlung befaßte sich LICHTENBERG auch ernsthaft mit mathematischen Problemen und erkannte vor allem den Wert der Mathematik für die Behandlung naturwissenschaftlicher Fragen.

Beim Antritt seines Lehramtes kündigte LICHTENBERG 1770 seine Vorlesungen mit der als „Programm" erschienenen Abhandlung an: „Betrachtungen über einige Methoden, eine gewisse Schwierigkeit in der Berechnung der Wahrscheinlichkeit beim Spiel zu heben"[1]). Zugrunde gelegt ist das von NIKOLAUS BERNOULLI herrührende „Petersburger Problem". Die Aufgabe ist folgende: „Zwei Personen A und B werfen eine Münze in die Höhe, die z. E. auf der einen Seite mit I und auf der anderen mit o bezeichnet sein soll. A, der die Münze wirft, verspricht dem B einen Taler, wenn I im ersten Wurfe fällt, 2 Taler, wenn es erst im zweiten Wurf, 4 Taler, wenn es erst im dritten, 8 wenn es erst im vierten fällt, kurz, sollte es erst im n-ten Wurf fallen, so bezahlt A an B 2^{n-1} Taler, und sollte n auch noch so groß sein, sie wollen solange werfen, bis I fällt. Die Frage ist: Wieviel Gewinn kann sich B wahrscheinlicherweise hieraus versprechen, oder wieviel muß er dem A voraus bezahlen, daß sich dieser ohne Schaden in ein solches Spiel einlassen kann?" „Nach den bekannten Regeln des Wahrscheinlichen ist das, was B bezahlen muß $= 1 \cdot {}^1/_2 + 2 \cdot {}^1/_4 + 4 \cdot {}^1/_8 + \ldots + 2^n \cdot \frac{1}{2^{n+1}} = {}^1/_2 + {}^1/_2 + {}^1/_2 + \ldots$ das ist, unendlich viel, wenn n gar vorher nicht festgesetzt wird, und alle Schätze der Welt würden nicht zum Einsatz für den B hinreichen, da im gemeinen Leben der größte Waghals von einem Spieler kaum 20 Taler in einem solchen Spiel wagen würde, und gleichwohl könnte er sein Geld und noch 12 Taler dazu wiederbekommen, wenn nur I erst im sechsten Wurf fiele". Vor LICHTENBERG hatten besonders DANIEL BERNOULLI und D'ALEMBERT zu diesem Problem Stellung genommen. BERNOULLI führte neben der mathematischen Erwartung, die mit der Zahl der Würfe unbegrenzt wächst, die moralische Erwartung ein, die sich asymptotisch einem Grenzwert nähert, der abhängig ist vom Vermögen der Spielenden. LICHTENBERG schloß sich dieser BERNOULLIschen Ansicht an: „Ich sehe also nicht, daß man Ursache hat, des Herrn DANIEL BERNOULLIS Methode zu verwerfen, und derselben neue unterzuschieben", und hielt das Problem weiterhin für paradox: „In der allgemeinen Betrachtung muß man der vollkommenen Gleichheit wegen das Vermögen der Spielenden unendlich setzen; und alsdann ergeben sich keine Widersprüche; in der angewandten Lehre gibt es kein unendliches Vermögen, dieses schränkt die allgemeinen Schlüsse ein"[2]).

In einem Aufsatz im Göttingischen Taschenbuch behandelt LICHTENBERG mathematisch „das Gesetz, nach welchem die Zeiten fortgehen, die man braucht, gewisse Mengen von Ringen" beim „Spiel mit den künstlich verflochtenen Ringen" herunterzubringen[3]).

[1]) V. S., 2. Aufl., 7, 15ff.

[2]) Über die heutige Stellungnahme zum Petersburger Problem vgl. E. KAMKE, Einführung in die Wahrscheinlichkeitstheorie, S. 82ff. Leipzig: Hirzel 1932.

[3]) V. S. 6, 253.

LICHTENBERGS Einstellung zur Mathematik ergibt sich aus folgenden Sätzen:

„Ich glaube nicht, daß durch CALCÜL je eine große Entdeckung in der Naturlehre gemacht worden ist; das ist auch sein Gegenstand nicht. Sondern, sobald der Zufall oder der praktische Blick etwas entdeckt haben, so gibt Mathematik die besten Umstände an; sie zeigt, wenn sich die Sache im ganzen so verhält, welches die beste Form und Einrichtung sei; — weiter nichts"[1]).

„Ich glaube — so sollte man alles anfangen, was man durch eigenes Nachdenken herausbringt, und was nicht ein Gegenstand der Rechnung ist"[2]).

„Alle mathematischen Gesetze, die wir in der Natur finden, sind mir trotz ihrer Schönheit immer verdächtig. Sie freuen mich nicht. Sie sind bloß Hilfsmittel. In der Nähe ist alles nicht wahr"[3]).

Im Zusammenhang mit der Elektrizitätslehre sagt er:

„Allein ich fürchte, daß durch diese Abänderungen[4]) die Elektrizitätslehre noch weiter von den mathematischen Wissenschaften entfernt wird; während doch die Naturforscher alles daran setzen sollten, sie der Mathematik näher zu bringen". „Und es erscheint mir als sehr wahrscheinlich, daß die Physiker in Zukunft eine Erweiterung dieser Lehre zu erwarten haben, wenn man sich mehr an die Zeichengebung der Mathemathiker als an die der Apotheker hält"[5]).

Aber trotz aller Hochachtung für die Mathematik, war LICHTENBERG doch mehr *Natur*forscher. Die Auswahl seiner Untersuchungen und Aufsätze erstreckte sich besonders auf Physik, Geophysik und Astronomie.

Bereits als Student hatte LICHTENBERG 1767 eine wissenschaftliche Beobachtung über ein Erdbeben gemacht, über die sein Lehrer KÄSTNER berichtet: „Ihre[6]) Erzählung ist desto zuverlässiger und ... lehrreicher, da sich beide mit besonderem und glücklichem Fleiß auf die Kenntnis der Natur und die Mathematik gelegt haben, und ihnen die Einsichten und Fertigkeiten geschickter Beobachter nicht ermangeln"[7]). Ein Jahr später beschreibt LICHTENBERG eine während eines Gewitters am Jakobikirchturm auftretende Lichterscheinung[8]).

Besondere Bedeutung erlangten die in den Jahren 1772 und 1773 in Hannover, Osnabrück und Stade durchgeführten Gradmessungen. Angeregt wurden sie durch die Behauptung von HUYGENS und NEWTON, daß die Erde an den Polen abgeplattet sei. LICHTENBERG, von KÄSTNER empfohlen, nahm nun auf Wunsch König GEORGS III. von England, Kurfürst von Hannover, die Gradmessungen vor. Mit Hilfe eines Azimutalquadranten von SISSON in Verbindung mit einer Uhr von KAMPEN führte LICHTENBERG die Beobachtungen aus. „Die Polhöhe ermittelte er nach einem von HELL in Lapland und von NIEBUHR in Arabien erprobten Verfahren; für die Längen hielt er sich an Finsternisse und an die Ein- und Austritte der Trabanten des Jupiter in den und aus dem Planetenschatten. Korre-

[1]) V. S., 2. Aufl. 7, 104.

[2]) V. S. 1, 154.

[3]) V. S., 2. Aufl. 7, 106.

[4]) Gemeint ist die Einführung der Begriffe Phlogiston und Säure für positive und negative Elektrizität.

[5]) Comm. Soc. Reg. Sc. Gott. 1, 68 u. 69 (1779).

[6]) Außer LICHTENBERG hatte auch EXLEBEN das Erdbeben beobachtet.

[7]) Gött. Anz. v. Gel. Sachen 51. Stck, 401 (1767).

[8]) Gött. gel. Beitr. z. Nutzen u. Vergnüg. 1768, 203.

spondenzbeobachtungen lieferten ihm KÄSTNER in Göttingen, LALANDE in Paris, JOH. BERNOULLI in Berlin, RÖHL in Greifswald, CHR. MAYER in Mannheim, MASKELYNE in Greenwich, WEISS in Tyrnau (Ungarn)".[1]) Ein Vergleich mit den 50 Jahre später von GAUSS und SCHUMACHER ausgeführten Messungen läßt die Genauigkeit erkennen, mit der LICHTENBERG seine Beobachtungen anstellte, wie folgende Gegenüberstellung zeigt[2]):

	Nördliche Breite nach LICHTENBERG	Nördliche Breite nach GAUSS-SCHUMACHER	Östliche Länge nach LICHTENBERG	Östliche Länge nach GAUSS-SCHUMACHER	Östliche Deklination
Hannover . . .	52° 22′ 18″	52 22 25	0h 30′ 28″	0 20′ 36″	17° 20′
Stade	53 36 5	53 36 8	0 28 8	0 28 34	17° 18′
Osnabrück . . .	52 16 14	52 40 48	0 21 44	0 22 29	17° 25′

(Die ÖL-Messungen sind auf Paris bezogen.)

1776 gab LICHTENBERG, der gerade ordentliches Mitglied der Göttinger Sozietät geworden war, eine Zusammenfassung dieser Ortsbestimmungen[3]).

In einer Reihe von Aufsätzen behandelte er weitere astronomische Themastellungen[4]). Durch eigene Beobachtungen konnte er 1770 mit einem Dolland-Teleskop einen Kometen auffinden und seine scheinbare Bahn durch Angabe von Höhe und Azimut in einer Zeichnung festlegen, eine Methode, die zuvor nur der Astronom DOERFFEL benutzt hatte[5]). Ein kleiner Mondkrater, der heute LICHTENBERGS Namen trägt, erinnert an seine Forschungen auf dem Gebiet der Selenographie. Aus Vorliebe für den „Herren der Astronomie, den Mann aller Jahrhunderte", verfaßte LICHTENBERG eine Biographie des NIKOLAUS KOPERNIKUS[6]).

Aus der Geophysik behandelte LICHTENBERG folgende Themen:

Von dem großen Ausbruch des Vesuvs im Jahre 1784 gab LICHTENBERG nach Originalberichten eine Schilderung[7]) und berechnete die dem Vulkan in die See entflossene Menge Lava zu 18 Millionen Kubikfuß[8]), ein Wert, der reichlich groß sein dürfte. Mit Recht nimmt LICHTENBERG gegen die herrschende Meinung Stellung, daß die Wassermassen des sog. Vulkangewitters aus dem Berge selbst kämen, „sondern jene Ströme werden durch die Regengüsse aus der elektrischen Wolke erzeugt".

Ein in der toscanischen Stadt Siena mit dem Ausbruch des Vulkans in Zusammenhang gebrachter Steinregen veranlaßte LICHTENBERG zu einem Aufsatz[1]), in dem er mit scharfer Kritik gegen die in Italien herrschende Meinung Stellung nahm: „Auf die Frage, ob der Vesuv oder ein anderer Vulkan die Steine in dieser Form dahin geworfen, muß man wohl mit Nein! antworten." Doch „hinge das Phänomen wohl mit einigen wenigstens von denen zusammen, wovon Hr. Dr. CHLADNI in seiner merkwürdigen Schrift: Über den Ursprung der von PALLAS gefundenen und anderer ihr ähnlichen Eisenmassen, Beispiele gesammelt hat"[2]).

Zu dem „neulichen Erdfall zu Winzingerode bei Duderstadt" äußert sich LICHTENBERG folgendermaßen: „Es sind alles Folgen eines steten Strebens, wo nicht nach Abrundung, doch nach größtmöglichster Fertigkeit der so nötigen Erhöhung auf unserer Erdkruste, und also Annäherung zu einem dauerhafteren Gleichgewicht derselben mit dem immerwährenden Druck der Schwerkraft"[3]).

Besondere Vorliebe besaß LICHTENBERG für die atmosphärischen Erscheinungen. In zwei Abhandlungen tritt er für die DE LUCSche Theorie des Regens ein[4]). „DE LUCS überaus sorgfältige Messungen hatten zu dem Ergebnis geführt, daß die Luftfeuchtigkeit in höheren Luftschichten im allgemeinen sehr gering ist, und daß selbst unmittelbar vor starken Regengüssen die Luft dort nicht feuchtigkeitgesättigt erscheint. Zum gleichen Resultat führten SAUSSURES Messungen."

Die als Regen, Schnee und Hagel niederfallenden Wassermengen übersteigen danach außerordentlich die hygrometrisch in der Atmosphäre nachweisbaren Wasserdampfmengen.

Man sah sich daher zu der Annahme gezwungen, das Wasser befinde sich in höheren Schichten der Atmosphäre in einem Zustande, in welchem es nicht vom Hygrometer nachgewiesen werde.

Während nun aber die Anhänger der französischen Chemie meinten, das Wasser gehe eine chemische Verbindung mit der Luft ein und entschwinde dadurch der Wahrnehmung, wie analog das Kristallwasser in den Kristallen, so kam der Phlogistiker DE LUC zu folgender Auffassung:

Man muß zwei Zustände des Wassers unterscheiden: vereinigt sich Wasser mit dem Wärmestoff, so wird es dampfförmig. Hygroskopische Substanzen und Wärmestoffe kämpfen also sozusagen um den Besitz der Feuchtigkeit, bei niedriger Temperatur vermag das Hygrometer viel Wasser an sich zu reißen; ist viel Wärmestoff vorhanden, so gelingt jenem nur in geringem Maße die Aneignung, daher dann heiße Luft bei gleichem Wassergehalt viel trockener erscheint. Hier wird bereits die richtige Auffassung vertreten, daß die relative Feuchtigkeit bei höherer Temperatur

[1]) Zitiert nach S. GÜNTHER, Abh. d. K. K. Geogr. Ges. Wien 1 (1899), 122.

[2]) Vgl. S. GÜNTHER, a. a. O. S. 123.

[3]) Observationes Astronomicae per annum 1772 et 1773. Ad Situm Hannoverae, Osnabruci et Stadae Determinandum Institutae. Nov. Comm. Soc. Reg. Sc. Gött. 7, 210 (1777).

[4]) Über das Weltgebäude. V. S. 6, 172 — Über das Fortrücken unseres Sonnensystems. V. S. 6, 304 — Etwas von HR. HERSCHELS neusten Entdeckungen. V. S. 6, 333 — Einige Neuigkeiten vom Himmel. V. S. 6, 416 — Neuigkeiten vom Himmel (1792). V. S. 7, 1 — Dreht sich der Mond um seine Achse? V. S. 7, 107 — Das Neueste von der Sonne, größtenteils nach HERSCHEL. V. S. 7, 155 — Neuigkeiten vom Himmel (1798). V. S. 7, 240 — Elemente der partialen Mondfinsternis, die den 23. Oktober 1771 vorfallen wird, für den Meridian von Göttingen berechnet, nebst einigen Erläuterungen. V. S. 8, 30.

[5]) Gött. gel. Anz. 1770, 705; 1771, 537, 641; 1774, 97, 249.

[6]) V. S. 6, 17. [7]) V. S. 7, 287.

[8]) D. h. etwa 500000 cbm.

[1]) V. S. 7, 352. [2]) CHLADNI, Riga 1794 (Meteore).

[3]) V. S. 8, 139.

[4]) GILBERTS Annalen der Physik 2, 121 (1799) (nach LICHTENBERGS Tode herausgegeben durch KRIES); „G. C. LICHTENBERGS Verteidigung des Hygrometers und der DE LUCschen Theorie vom Regen. Hrsg. von L. G. LICHTENBERG u. FR. KRIES. Göttingen 1800.

geringer ist, da der Sättigungsausdruck des Wasserdampfes mit wachsender Temperatur ansteigt.

Da aber warme Luft mit reichem Wassergehalt, wenn sie emporgestiegen ist, trotz der Abkühlung, die sie erfährt, plötzlich wasserarm erscheint, so muß noch ein zweiter Prozeß mit dem Wasser vorgegangen sein.

Da man aber in höheren Schichten nichts als reine Luft vorfindet, glaubte DE LUC sich zu dem Schluß berechtigt, daß durch Vereinigung mit einem neuen Fluidum das Wasser zu Luft selbst geworden sei. Über die diese Umwandlung bewirkende Materie konnte er aber nichts ausmachen. Eine eindeutige Klarlegung des Verhaltens konnte zu jener Zeit nicht gegeben werden, da der Begriff der Kondensationswärme und das dynamische Verhalten in der Atmosphäre noch nicht genügend erkannt war.

Die beiden Parteien standen sich mit unvollkommenem Rüstzeug gegenüber: auf der einen Seite die Antiphlogister, die im Laboratorium eine chemische Verbindung zwischen Luft und Wasser nicht herstellen und nicht trennen konnten, auf der anderen Seite DE LUC, der das Fluidum nicht nachzuweisen vermochte.

LICHTENBERG trat zu der Partei, zu welcher ihn wissenschaftliche Einstellung, Überzeugung von dem größeren Ernst der Bestrebungen und persönliche Freundschaft wiesen, zu der DE LUCS"[1]). Damit hatte sich LICHTENBERG weitgehendst der heutigen Auffassung genähert.

In zahlreichen Mitteilungen behandelte LICHTENBERG Probleme der Luftelektrizität. Im Jahre 1778 benutzte er die von ihm entdeckten elektrischen Figuren dazu, das Vorzeichen der Luftelektrizität festzustellen[2]); „bei heiterem Himmel gab sie die deutlichsten Anzeichen positiver Elektrizität". Die Beobachtung geschah unter Verwendung eines Drachens, der an einem Eisendraht befestigt war. Er gab auch eine Methode an, einen Harzkuchen durch ein Uhrwerk langsam rotieren zu lassen, Funken von einer mit einer Drachenschnur fest verbundenen ruhenden Spitze auf den Teller schlagen zu lassen und somit Intensität und Polarität — denn es hatte sich gezeigt, daß auch negative Ladungen auftreten können — automatisch zu registrieren[3]). Ein anderer Weg, Kenntnisse über die Luftelektrizität zu erhalten, bestand darin, daß er sich als erster 1780 in Göttingen in seinem Gartenhäuschen einen Blitzableiter anbringen ließ[4]). Seine Auffassungen über die Funktionen des Blitzableiters stimmen im wesentlichen mit den jetzigen überein, indem er die Wichtigkeit spitzer Enden betont. Mit der wissenschaftlichen Problemstellung verband er, der das Volkswohl stets im Auge hatte, zugleich die Auffassung, daß durch Anbringung von Blitzableitern Schäden verhütet werden könnten; durch Aufsätze wirkte er hierbei aufklärend[5]).

Über das Nordlicht sagt er: „In den neuesten Zeiten habe VOLTA eine merkwürdige Eigenschaft der halbleitenden Körper entdeckt, und darauf ein elektrisches Mikrometer gegründet; durch dieses habe man gefunden, daß die Luft beim Nordlicht immer elektrischer sei als sonst, daher sei es wahrscheinlich, daß das Nordlicht elektrischen Ursprungs sei[1]".

In den Jahren 1773—1774 gab LICHTENBERG die nachgelassenen Schriften des Göttinger Astronomen TOBIAS MAYER (1723—1762) heraus, „ein nicht leichtes Unterfangen". Zu zwei Arbeiten des Nachlasses lieferte er eigene Beiträge. Die eine handelt von der genaueren Bestimmung der Schwankungen des Thermometers, die andere betrifft die Farbenlehre. LICHTENBERG kritisiert vor allem, daß Instrumenten- und Beobachtungsfehler bei meteorologischen Beobachtungen nicht genügend beachtet würden. In der Farbenlehre hatte sich TOBIAS MAYER folgende Frage gestellt: Mit wieviel und welchen Grundfarben kommt der Maler aus, um alle Farbtöne herzustellen? Als Grundfarben wählte TOBIAS MAYER rot, gelb, blau. Durch Benutzung des Farbdreiecks kam er zu 91 unterscheidbaren Farbtönen. Durch Hinzunahme der Farben weiß und schwarz, die er an den Spitzen einer Doppelpyramide anordnete, gelangte er zu 819 unterscheidbaren Farben. Dem MAYERschen Farbendreieck gab LICHTENBERG eine neue systematische Nomenklatur und stellte wissenschaftlich einwandfreie Farbdrucke aus Zinnober, Gummigutt und Berlinerblau her.

LICHTENBERGS Leistungen auf dem Gebiete der reinen Physik sollen durch Betrachtung der einzelnen Teilgebiete gewürdigt werden.

Aus der Mechanik behandelt er das Hodometer [Tourenzähler][2]) und gibt Konstruktionsverbesserungen an. Die Frage der Auftriebe in der Luft ist Gegenstand der beiden Aufsätze: „Über die neuerlich in Frankreich angestellten Versuche, große hohle Körper in die Luft aufsteigen zu machen, und damit Sachen auf eine große Höhe zu heben"[3]) und „Vermischte Gedanken über die aerostatischen Maschinen"[4]). „Einen Vorschlag zur ferneren Verbesserung dieser Maschine" macht er in dem Aufsatz: „Beschreibung eines von Hrn. HAAS zu London erfundenen Pedals bei der SMEATONschen Luftpumpe"[5]).

An die Beschäftigung mit den Transversalschwingungen von Saiten erinnert der Aufsatz: „Von der Aeolus-Harfe"[6]), und wirft an anderer Stelle die Frage auf: „Und warum sollten nicht longitudinale Schwingungen sich mit den transversalen vereinigen lassen?"[7])

Die Wärmelehre bereicherte LICHTENBERG durch Angabe eines neuen Gefriermittels, bestehend aus Salpeter und Salmiak. In dem Artikel über das Kochen gibt er praktische Ratschläge auf Grund physikalischer Erkenntnisse und prägt in einem Anhang „Über ökonomische Behandlung der Wasserdämpfe" den Begriff der Verdampfungswärme[8]).

---

[1]) HAHN, a. a. O. S. 74, 75. — Vgl. auch den Aufsatz: „Einige Bemerkungen über die Entstehung des Hagels". V. S. 8, 85. Bemerkenswert ist hierin, daß LICHTENBERG — vielleicht als erster — darauf drang, „Bestimmungen der Grade der Durchsichtigkeit der Luft" auszuführen, um genauere Kenntnis über die meteorologischen Verhältnisse zu erlangen.

[2]) Comment. Soc. Reg. Sc. Gott. 1, 72 (1779).

[3]) Es ist bisher noch nicht bekannt, ob diese Versuche ausgeführt worden sind.

[4]) Gött. Anz. v. gemeinnütz. Angel. 1780, 104.

[5]) Gewitterfurcht und Blitzableiter. V. S. 5, 197 — Neueste Geschichte der Blitzableiter. V. S. 6, 210 — Versuche zur Bestimmung der zweckmäßigsten Form der Gewitterstangen. V. S. 8, 3 — Briefwechsel mit MICHAELIIS über die Spitzen auf dem Salomonischen Tempel. V. S. 8, 251.

[1]) V. S. 4, 255. Als erster sprach WINKLER 1746 den Gedanken aus, daß das Nordlicht eine elektrische Erscheinung sei.

[2]) V. S. 6, 161 [3]) V. S. 8, 302.

[4]) V. S. 8, 321. [5]) V. S. 8, 360.

[6]) V. S. 5, 81.

[7]) V. S., 2. Aufl. 7, 139.

[8]) V. S. 5, 325.

Ob ein Perpetuum mobile möglich ist, erörtert LICHTENBERG verschiedentlich. So sagt er z. B.: „Wenn hingegen das Perpetuum mobile, das auf dem Papier Wunder tat, in Holz oder Messing stille steht, und sich durch den Schall der lautesten Demonstration nicht will wecken lassen, so verschwinden die schönen Hoffnungen allmählich . . ."[1]). „Wenn man alles dieses zusammen nimmt, und dabei mit der Geschichte der bloß empirischen Perpetuummobilisten bekannt ist, so wird man fast geneigt sein, zu glauben, diese Mühle sei nie in vollem Gange gewesen, sondern habe sich bloß wegen der Vollkommenheit der Ausarbeitung des Räderwerks, vielleicht durch etwas Nachhelfen mit der Hand oder mit Nachtragen von Wasser ein wenig hingehalten, welches letztere der Erfinder endlich durch bessere Pumpen leicht entbehrlich machen zu können hoffte. Denn alle diese Menschen haben, wenn ihnen ihr erster Entwurf fehl schlägt, immer neue parat, sich und andere zu täuschen"[2]). Durch diese Sätze ist aber das Grundprinzip des von ROBERT MAYER ausgesprochenen Energiesatzes bereits dargelegt; zu einer endgültigen klaren Entscheidung und Bedeutung des Satzes konnte sich LICHTENBERG jedoch nicht durchringen.

Interessant ist LICHTENBERGS Stellung zur Existenz eines Äthers. In einem Schreiben an Herrn WERNER sagt er darüber: „Als ich Ihre Schrift zu lesen anfing und Ihre Absicht bemerkte, so kann ich nicht leugnen, habe ich bedauert, daß ein Mann von Ihrem Geist so viel Scharfsinn auf eine Sache verwendet, die im Grunde nichts wert ist. Ich dachte, die Ätherzeiten in der Physik wären vorbei. Lehrt uns nicht die Geschichte der Physik, daß seit jeher aus allen den Hypothesen nichts geworden ist, die sich an die ersten Ursachen versteigen, und sich zur Erklärung der Erscheinungen in der Natur solcher Mittel bedienen, deren Existenz sie nicht einmal erweisen können, und die eigentlich nicht Geschöpfe der Natur, sondern des eigenen Gehirns ihrer Erfinder sind."[3]) „Ich frage Sie also gleich zum Eingang: Woher wissen Sie, daß ein Äther in der Welt ist? Sie sagen zwar, den haben sehr große Männer angenommen, aber Sie denken viel zu philosophisch, um Autoritäten zu erkennen, und das ist sehr vortrefflich. Also er ist bloß angenommen worden. Also es hat ihn niemand je gesehen, oder gefühlt, weggepumpt, verdickt, verdünnt usw., nichts, gar nichts. Also seine Existenz ist nicht erwiesen, ausgenommen aus den Erscheinungen, welche zu erklären man für nötig erachtet hat, ihn anzunehmen. Dieses ist fürwahr eine feine Philosophie, es ist nämlich die leibliche Schwester, wo nicht gar die Hexe selbst, die uns die Gespenster in die Welt gebracht hat"[4]).

Aus der physiologischen Optik gibt LICHTENBERG eine Verbesserung seines alten Verfahrens an, die blinde Stelle im Auge auszumachen: „Ich habe . . . nämlich ein sehr bequemes Mittel gefunden, den Versuch mit beiden Augen zugleich anzustellen. Ich zeichne zwei kleine schwarze Kreise a und b, $1^1/_2$—2 Linien[5]) Durchmesser und in einer Entfernung von 6—7 Zoll[6]) voneinander, auf ein Blatt weißes Papier, und in der Mitte zwischen beiden mache ich einen kleinen Punkt, allenfalls einen bloßen Stich mit einer Nadel. Hierauf halte ich das Blatt etwa 6—7 Zoll weit vom Auge, gerade vor mich, und beide Augen offen, und sehe mit beiden Augen auf c"[7]).

[1]) V. S. 1, 143. [2]) V. S. 7, 306.
[3]) V. S., 2. Aufl. 7, 224. [4]) V. S., 2. Aufl. 7, 232.
[5]) 1 Linie = 2,256 mm. [6]) 1 Zoll = 2,66 cm.
[7]) V. S., 2. Aufl. 7, 177.

Zu besonders wertvollen Ergebnissen gelangte LICHTENBERG auf dem Gebiet der Elektrizitätslehre. Hier ist besonders die Entdeckung der elektrischen Figuren zu nennen, die seither den Namen ihres Entdeckers tragen. In sechs Mitteilungen[1]) gibt LICHTENBERG ein umfassendes Bild der Entdeckung des Jahres 1777. In der Erkenntnis: „wenn ich Versuche mit einem größeren Instrument ausführe, so bedeutet das ebensoviel, als wenn ich die dargebotenen Erscheinungen unter dem Mikroskop betrachte", fertigte LICHTENBERG einen Elektrophor von etwa 190 cm Durchmesser an. Zunächst gelang es LICHTENBERG, die zufällig erhaltenen Figuren wesentlich an Zahl und Form zu vermehren. Aber es gab noch keine Möglichkeit, die Figuren beliebig zu erzeugen. Nach zahlreichen systematischen Versuchen fand er folgende Herstellungsart als die zweckmäßigste: „Man stelle auf den Harzkuchen einen beliebigen Metallkörper, lasse eine Entladung über ihn gehen und bepudere, nachdem man alles weggenommen, den Kuchen am Standort des Metallkörpers." „Als ich Versuche nachts anstellte," sah er, „daß vom Deckel zum Kuchen leuchtende Büschel herübergingen, deren Projektionen auf den Kuchen nun die Sterne selbst waren." Dadurch war der disruptive Charakter der Entladungen nachgewiesen. LICHTENBERG hoffte, „durch dies Verfahren überhaupt den Naturkündigern ein Mittel an die Hand gegeben zu haben, die Bewegung der elektrischen Materie auf eine Art zu erforschen, die derjenigen ähnlich ist, deren man sich beim Magneten bedient, indem man Feilstaub um ihn herstreut". Vor allem aber kam es LICHTENBERG darauf an, „die allgemeinen Gesetze, von denen die Bildung dieser Figuren abhängt, ausfindig zu machen, die Art ihrer Entstehung zu entdecken". Man nahm zwar damals allgemein an, daß die Elektrizität materieller Natur sei; doch wußte man nicht, ob ein Fluidum oder zwei anzunehmen seien. Insbesondere hatten einige Naturforscher für positiv und negativ die Ausdrücke Phlogiston und Säure einführen wollen. Hierzu sagt LICHTENBERG: „Es ist nämlich wenigstens zweifelhaft, ob das, was FRANCKLIN positive Elektrizität genannt hat, das Phlogiston, und das, was er als negative Elektrizität bezeichnet hat, die Säure ist. Ich brauche aber nicht erst zu beweisen, daß Irrtümer durch Ausdrücke, die auf schwankenden Theorien gegründet sind, nur bestehenbleiben und in vielen Fällen den Fortgang weiterer Untersuchungen gänzlich hemmen oder doch wenigstens ziemlich aufhalten. Daß es aber zwei Elektrizitäten oder zwei verschiedene Modifikationen einer einzigen Materie gibt, die sich gegenseitig nach den Regeln positiver und negativer Größen aufheben, glaube ich, ist außer jedem Zweifel . . . Diese Idee benötigt keine Theorie . . .; sie paßt in gleicher Weise zu den FRANCKLINschen Vorstellungen einer einzigen Materie, wie den SYMMERschen zweier Materien . . .

[1]) Ein von KÄSTNER im Namen LICHTENBERGS vor der Göttingischen Sozietät verlesene Promemoria, wiedergegeben im Gött. gel. Anz. 1, 569—572 (1777). — 2. „De nova methodo naturam ac motum fluidi electrici investigandi." 1. Tl. Nov. Comment. Göttingen 8, 168—180 (1778). — 3. Ein Auszug dieser Arbeit in Gött. gel. Anz. 1, 345—348 (1778). — 4. „Super Nova Methodo . . ." 2. Tl. Comment Göttingen 1, 65—79 (1779). — 5. Ein Auszug dieser Arbeit in Gött. gel. Anz. 1779, 313—316. — 6. Eine Entgegnung auf eine Arbeit CAVALLOS in Gött. Mag. 2, 4. Stck (1781). Sämtlich herausgegeben in OSTWALDS Klassikern der exakten Wissenschaften. (Erscheint demnächst.)

Ich nenne diejenige Elektrizität positiv, die, durch blankes Glas erregt, auf leitende Körper geleitet wird; die entgegengesetzte nenne ich negativ. Durch den einen Ausdruck will ich nicht einen Mangel, durch den anderen einen Überfluß der Materie andeuten, vielmehr will ich nur die Bezeichnungen + und − rechtfertigen"; denn „die Naturforscher sollten doch alles daran setzen, die Elektrizitätslehre der Mathematik näherzubringen".

In den Untersuchungen über die elektrischen Figuren hatte sich LICHTENBERG als hervorragender Experimentator gezeigt. Alle ihm zu Gebote stehenden Mittel stellte er in den Dienst seiner Experimente und schöpfte sie so weitgehend aus, daß das 19. Jahrhundert nur wenig über die Erkenntnisse ihres Entdeckers hinausgekommen ist.

1782 war VOLTA die Erfindung des Plattenkondensators geglückt. Im folgenden Jahre ging LICHTENBERG daran, die VOLTAschen Experimente zu prüfen. „Ein Brief LICHTENBERGS vom Jahre 1785 an WOLFF in Hannover enthält die Beschreibung der Hauptexperimente, denen der Apparat seinen Namen Kondensator verdankt: man entlädt eine kleine Leydener Flasche so weit, daß ein Elektroskop keinen Ausschlag mehr zeigt, berührt mit ihr ein paar Sekunden den Metallteller des ungeladenen Kondensators, hebt ihn ab und verbindet ihn mit dem Elektroskop, das nunmehr merkbar ausschlägt"[1]). Den VOLTAschen Kondensator verbesserte LICHTENBERG wesentlich. Indem er zwischen die Platten drei winzige Glassplitter oder Siegellacktropfen legte, schuf er den ersten Luftplattenkondensator[2]).

Auch zur Kenntnis der Wasserfallelektrizität trug LICHTENBERG bei. 1744 hatte GORDON beobachtet, daß Wasserstrahlen, die aus elektrisierten Wasserbehältern durch hydraulischen Druck aufsteigen, höher geschleudert werden, sich viel breiter in Tropfen ausbreiten und die Umgebung elektrisieren, als wenn das Wasser nicht elektrisiert war. LICHTENBERG beobachtete nun, „daß Wassertropfen, welche aus einer unelektrischen Röhre abfielen auf eine geneigte, isolierte Metallplatte, diese Platte stark elektrisierten". Er schließt daraus, „daß die Reibung der herabfallenden Tropfen die Ursache der Elektrizität ist"[3]).

Daß man durch einen Funkenüberschlag zwei Metalle aneinanderschweißen kann, hatte LICHTENBERG auch gefunden und damit den Grundstein zur elektrischen Schweißtechnik gelegt[4]).

Den Weg, den LICHTENBERG gelegentlich beschritt, um zur Klärung physikalischer, insbesondere elektrischer Probleme zu gelangen, erhellt aus folgendem Zitat: „Die Lehre von der Elektrizität ist jetzt da, wo man gewöhnlich passiert, so abgetreten und abgesucht, daß an der Heerstraße nichts mehr zu gewinnen ist; man muß querfeldein marschieren, und über die Gräben setzen. Diese Methode, die man wohl die unmethodische nennen könnte, ist überhaupt nebenher sehr zu empfehlen". Und weiter prophezeit er: „Solange man noch nicht elektrische Mühlen anlegt, wodurch man ganze Laboratorien jahrelang, mit allem, was darinnen ist, elektrisieren kann, wird man in dieser Lehre noch lange zurückbleiben"[5]).

Einige Aphorismen mögen LICHTENBERGS Stellung zur „Naturlehre überhaupt" näher beleuchten:

„Man muß mit Ideen experimentieren"[1]).

„Es muß in der Physik fast alles neu untersucht werden, selbst die bekanntesten Dinge, weil man gerade da am wenigsten etwas Neues oder Unrichtiges vermutet"[2]).

„Wenn Physik fortschreiten soll, so sind unumgänglich mehr Köpfe nötig, die das Ganze umfassen"[3]).

„Die Dauer der Zeit ist ein wichtiges Hindernis bei allen unseren Bemühungen, die Erscheinungen der Natur mit Operationen im Laboratorium zu erklären"[4]).

„Mikroskope überall zu erfinden, und wo dieses nicht angeht, die Versuche im großen anzustellen, das ist der einzige Weg, direkt zum Neuen zu gelangen"[5]).

In allen seinen philosophischen Aphorismen spricht immer der exakte Wissenschaftler zu uns, der entweder vom philosophischen Experiment oder vom mathematischen Kalkül ausgeht; er ist der moderne Erkenntniskritiker, der alles von der hohen Warte des positivistisch-idealistischen Kritizismus aus betrachtet. „Er weiß, was der Philosophie oder dem philosophischen Denken seiner Zeit am meisten not tat: eine exakte Methode. Darum ist er schon lange vor KANT immer darauf bedacht, als besonnener und behutsamer Agnostiker zum mindesten für seinen eigenen wissenschaftlichen Hausgebrauch den richtigen philosophischen Weg einzuschlagen und festzuhalten"[6]).

LICHTENBERG tritt immer für das Recht der Individualität ein und wahrt sich gegen jede Schablone; die Erziehung zum Denken ist seine Forderung. Sagte doch SCHOPENHAUER von ihm: „LICHTENBERG ist einer, der für sich denkt; sie sind die eigentlichen Philosophen. LICHTENBERG ist ein Muster dieser Art." Frei von Metaphysik, setzte er das Experiment über das Dogma und half damit, das gegenseitige Verhältnis von Erkenntnis und Irrtum im Sinne einer neuen Denkmethode auswerten. Die Ansichten des Königsberger Philosophen KANT vertritt auch LICHTENBERG vollauf: „Die Herren, die gegen KANTS Vorstellung von Raum und Zeit disputieren, kann man billig fragen, was sie denn eigentlich unter ihrer wahren Kenntnis der Gegenstände verstehen, und ob überhaupt eine solche Erkenntnis möglich ist"[6]); „denn wir haben von der wahren Beschaffenheit der Außenwelt gar keinen Begriff"[7]). Nach dieser Vorstellung sieht man leicht, wie recht Hr. KANT hat, Raum und Zeit für bloße Formen der Anschauung zu halten. Es ist nicht anderes möglich"[8]).

Betrachtet man LICHTENBERGS Gesamtschaffen, so dürfte es berechtigt sein, „ihn geradezu den ‚Mach des 18. Jahrhunderts' zu nennen"[9]). Sagt doch MACH selbst vom 18. Jahrhundert: „Erst in der Literatur des 18. Jahrhunderts scheint die Aufklärung einen breiteren Boden zu gewinnen. Humanistische, philosophische, historische und Naturwissenschaften berühren sich da und ermutigen sich gegenseitig zu freierem Denken. Jeder, der diesen Aufschwung und diese Befreiung auch nur zum Teil durch die Literatur miterlebt hat, wird lebenslänglich ein elegisches Heimweh empfinden nach dem 18. Jahrhundert"[10]).

---

[1]) Zitiert nach HAHN, a. a. O. S. 51.
[2]) Vgl. EXLEBEN, Komp. d. Physik, 4. Aufl. 1787, 463.
[3]) Vgl. HOPPE, Gesch. d. Physik S. 372. — LICHTENBERG, V. S. 6, 467.
[4]) V. S. 8, 179. [5]) V. S., 2. Aufl. 7, 183.

[1]) V. S., 2. Aufl. 7, 102. [2]) V. S., 2. Aufl. 7, 103.
[3]) V. S., 2. Aufl. 7, 108. [4]) V. S., 2. Aufl. 7, 111.
[5]) J. DOSTAL-WINKLER, Lichtenberg und Kant, S. 15. München 1924.
[6]) V. S. 2, 76. [7]) V. S. 2, 41. [8]) V. S. 2, 98.
[8]) DOSTAL-WINKLER, a. a. O. S. 10.
[10]) ERNST MACH, Die Mechanik, 9. Aufl. 1933, 439.

Kurze Originalmitteilungen.

Für die kurzen Originalmitteilungen ist ausschließlich der Verfasser verantwortlich.

Über mutative Intersexualität und Geschlechtsumwandlung bei den Lebermoosen *Pellia Neesiana* und *Sphaerocarpus Donelli*.

Bei *Pellia Neesiana* kann man durch Behandlung des Thallus mit X-Strahlen und nachfolgende Regeneration aus einzelnen Zellen zahlreiche Individuen mit Chromosomenstückverlagerungen erhalten[1]). Es zeigte sich, daß die centromerenlosen Stücke (wie bekannt) entweder im Verlauf der Mitose verlorengehen oder an das zugehörige bzw. ein anderes Chromosom verlagert werden. Zellen mit Chromosomenstückausfällen können sich nicht wie diejenigen mit translozierten Stücken durch Regeneration zu Individuen entwickeln: Trotz Untersuchung eines großen, aus dem Bestrahlungsversuch hervorgegangenen Materials wurden nie Pflanzen mit Verlust, weder von euchromatischen noch heterochromatischen Stücken gefunden.

Dies zeigt zunächst, daß, im Gegensatz zu den Verhältnissen, wie sie KNAPP[2]) bei *Sphaerocarpus Donelli* aufgefunden zu haben glaubt, bei *Pellia Neesiana* das Heterochromatin auch in kleinen Teilen (deren Ausfall besonders an dem hier sehr viel größeren X-Chromosom leicht hätte bemerkt werden können) lebensnotwendig sein muß. Mit diesem Befund brachte ich[1]) das Fehlen von Umwandlungsmännchen in Zusammenhang, wie solche von KNAPP (l. c.) und LORBEER[3]) bei *Sphaerocarpus* in so großer Zahl erhalten worden waren. Nach KNAPP soll die Vermännlichung mit dem Ausfall eines Stückes des X-Chromosoms, welches das Gen oder die Gene für Weiblichkeit enthält, zusammenhängen. Ich wies aber gleichzeitig darauf hin[1]), daß ein Teil der von KNAPP abgebildeten „Verkürzungen" des X-Chromosoms keine solchen sind, sondern vielmehr Translokationen an demselben Chromosom bzw. Inversionen.

In der Zwischenzeit habe ich nun aber auch bei *Pellia Neesiana* Geschlechtsumwandlung erhalten[4]). Unter 800 aus einem Bestrahlungsversuch mit einem weiblichen Klon hervorgegangenen Individuen bilden 3 anstatt Archegonien Antheridien aus, deren Spermatozoiden auf frühen Entwicklungsstadien degenerieren. Die eine Mutante trägt wie ein normales Männchen Antheridien in dichten Reihen. Da außerdem der Wuchs verkleinert ist, kann man sie makroskopisch von normalen Männchen nicht unterscheiden. Es liegt also ein ausgesprochenes Umwandlungsmännchen vor. Die beiden anderen (wahrscheinlich untereinander gleichen) Mutanten dagegen bilden — wie die Weibchen ihre Archegonien — die Antheridien in bestimmten Abständen in Gruppen, die von einer großen, ausgesprochen weiblichen Hülle bedeckt sind. Da außerdem der Thallus die Größe normaler Weibchen besitzt, ist makroskopisch die intakte Pflanze von normalen Weibchen nicht zu unterscheiden. Die Geschlechtsorgane sind also männlich, alle sekundären Geschlechtsmerkmale weiblich. Damit wurde erstmalig bei einem Moos, bzw. bei einer Archegoniate überhaupt, im Experiment ein intersexueller Organismus erhalten, in morphologischer Hinsicht am ehesten vergleichbar den von STURTEVANT[5]) erhaltenen Intersexen bei *Drosophila simulans*. Die Art der Mutation bleibt ungeklärt und wird sich wegen der Sterilität auch nicht aufklären lassen. Jedenfalls aber, und das interessiert hier in erster Linie, liegt keine Chromosomenmutation vor. Alle drei Mutanten haben die normale Chromosomenzahl 9 und bei keiner konnte trotz eingehender Untersuchung der Ausfall eines Chromosomenstücks (ebensowenig wie bei den zahlreichen aus dem Bestrahlungsversuch hervorgegangenen Individuen, s. oben) festgestellt werden.

Angesichts dieser Befunde und der Tatsache, daß mindestens ein Teil der von KNAPP abgebildeten Verkürzungen keine solchen sind (s. oben), ferner im Hinblick darauf, daß LORBEER[3]) bis heute daran festhält, daß bei *Sphaerocarpus* die Geschlechtsumwandlung rein genisch-mutativ ist, habe ich die Versuche von KNAPP und LORBEER wiederholt. In einem Versuch mit 5000 r (Thallus-Bestrahlung) wurden, außer anderen Varianten, 28 Männchen erhalten, von denen bis jetzt 14 cytologisch untersucht werden konnten. 6 besitzen ein normales X-Chromosom. Bei 4 anderen ist der eine Schenkel mehr oder weniger verkürzt, die Gesamtlänge aber, auf die es allein ankommt, normal. Es handelt sich also um Translokation bzw. Inversion, die bei einem dieser Männchen auch ohne weiteres als solche (gleichzeitige starke Verlängerung des anderen Astes) zu erkennen ist. Bei drei weiteren liegt Translokation eines X-Stücks an ein Autosom vor und nur ein einziges Individuum bleibt übrig, bei welchem das X-Chromosom als Ganzes etwas zu kurz ist. Dies hängt aber wahrscheinlich mit dem von LORBEER[6]) erhobenen Befund der geringeren Größe der Chromosomen in normalen Männchen zusammen. Außer den Umwandlungsmännchen wurden wie bei *Pellia* noch 17 morphologische Varianten und 62 normal aussehende, aus bestrahlten Zellen hervorgegangene Pflanzen untersucht, wo nach KNAPP ebenfalls bis etwa 21 % der Individuen starke Verkürzungen am X zeigen sollen. Von den 79 Pflanzen besitzen 25 ein mehr oder weniger ungleichschenkliges X-Chromosom. Aber auch hier konnte für jeden Fall Verlagerung am X (Gesamtlänge normal) oder Verlagerung an Autosomen nachgewiesen werden.

Danach gibt es weder bei *Pellia Neesiana* noch *Sphaerocarpus Donelli* experimentell herstellbare, ohne weiteres existenzfähige Individuen mit Ausfall von Heterochromatin, noch Geschlechtsumwandlung durch einen solchen Ausfall. Dieses Ergebnis ist für die Theorie des Wesens des Heterochromatins und die Theorie der Geschlechtsbestimmung von Bedeutung.

Die Untersuchung wurde ausgeführt mit Unterstützung der Freien akademischen Stiftung, Basel.

Basel, Botanische Anstalt der Universität, den 19. September 1942. E. HEITZ.

[1]) HEITZ, Verh. Schweiz. naturf. Ges. 1940.
[2]) KNAPP, Ber. dtsch. botan. Ges. 1935 — Planta (Berl.) 1939.
[3]) LORBEER, Ber. dtsch. botan. Ges. 1941.
[4]) HEITZ, Vortrag auf der Tagung d. Schweizer. naturf. Ges. Basel 1941.
[5]) STURTEVANT, Proc. Soc. exper. Biol. a. Med. 1920.
[6]) LORBEER, Z. Bot. 1930.

Homogene Störungen im Bandenspektrum des Silberhydrids.

Im Laufe einer eingehenden Untersuchung des AgH-Molekülspektrums wurde die Rotationsanalyse von mehr als 60 Banden des $^1\Sigma$—$^1\Sigma$-Bandensystems bis zu ziemlich hohen Rotationsquantenzahlen durchgeführt. 27 Banden dieses Systems wurden früher von BENGTSSON und OLSSON[1])

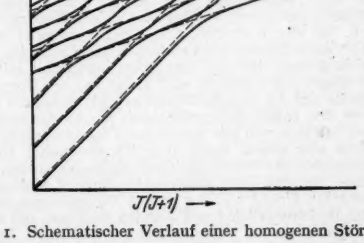


Fig. 1. Schematischer Verlauf einer homogenen Störung.

analysiert, jedoch nur bis zu weit niedrigeren Rotationsstufen. Am Anfangszustand des Systems zeigte sich eine ungewöhnlich starke homogene Störung. Der störende $^1\Sigma$-Term liegt um einige tausend cm^{-1}-Einheiten höher als der obere Zustand des Bandensystems und besitzt eine erheblich kleinere Rotationskonstante. Die Wechselwirkung der einander stö-

renden $^1\Sigma$-Terme ist in Fig. 1 schematisch wiedergegeben. Die Anfangszustands-Rotationstermfolgen bilden Übergänge von den gestörten zu den störenden Termen; die Störungen sind von ganz eigenartigen und interessanten Intensitätsverteilungen begleitet. Die Fig. 1 läßt die Abhängigkeit dieser homogenen Störungen von der Rotationsquantenzahl klar hervortreten. Wie man sieht, ist die Quantenzahl $J = 0$ bei homogenen Störungen keineswegs bevorzugt; die zeitweise verwendete Bezeichnung „Schwingungsstörung" für homogene Störungen ist also als in größtem Maße irreführend zu bezeichnen. Ebenso ganz unbegründet, und für das Verstehen des Störungsvorganges sogar sehr schädlich, ist, die Lagen der Terme mit $J = 0$ als „Schwingungsterme" und die Tangente der Rotationstermkurven ebenfalls bei $J = 0$ als „Rotationskonstanten" zu betrachten. Äußerst gefährlich ist, aus diesen recht willkürlich herausgegriffenen „Schwingungstermen" und „Rotationskonstanten" — die übrigens nicht einmal angenähert konstant sind — weitgehende Folgerungen zu ziehen; in dieser Weise können z. B. leicht „Konvergenzgrenzen" vorgetäuscht werden, wie dies sich im Falle einer homogenen Störung im C_2-Spektrum ereignete[2]). Somit ist aber auch der Hypothese von sich nicht kreuzenden Potentialkurven von Termen gleicher Rasse[3]) die einzige „experimentelle" Grundlage entzogen, denn in der Wirklichkeit findet eher ein Verschmelzen als ein Ausweichen der einander störenden zwei Molekülzustände statt. [Siehe übrigens schon: R. Schmid, L. Gerö, Ann. Physik **33**, 70 (1938).]

Budapest, Physikalisches Institut der Königl. Ungarischen Universität für technische und Wirtschaftswissenschaften, den 24. September 1942. L. Gerö. R. Schmid.

[1]) E. Bengtsson u. E. Olsson, Z. Physik **72**, 163 (1931).
[2]) G. Herzberg u. R. B. Sutton, Canad. J. Res. **18**, 74 (1940); richtiggestellt: L. Gerö u. R. Schmid, Naturwiss. **30**, 420 (1942).
[3]) Siehe Deutungsversuch bei G. Herzberg, Molekülspektren und Molekülstruktur, Bd. I. Dresden—Leipzig: Steinkopff 1939, S. 220, Fig. 119 br; Molecular Spectra and Molecular Structure, New York: Prentice Hall 1939, S. 324.

Bemerkungen zu der Mitteilung von F. W. Paul Götz: „Eine neue Strahlung im Nordlicht des 18./19. September 1941".

In den „Naturwissenschaften"[1]) hat Paul Götz ein am 18./19. September 1941 aufgenommenes Nordlichtspektrum beschrieben. Außer einigen der gewöhnlich auftretenden stärkeren Linien und Banden bekommt er eine Linie im Grün in der Nähe von 5200 Å, die er für eine neue, früher nicht bekannte Linie hält. Diese Linie ist aber sehr wohl bekannt und von mir als die zweite grüne Nordlichtlinie bezeichnet.

Ein Spektrogramm, welches diese Linie sehr deutlich zeigte, erhielt ich im Dezember 1926[2]), und seitdem habe ich dieselbe Linie auf einer Anzahl von Spektrogrammen beobachtet und gemessen.

Die sog. zweite grüne Linie hat in Wirklichkeit eine komplizierte Struktur[3]), nur bei sehr kleiner Dispersion, wie sie z. B. bei der Aufnahme von Götz verwendet wurde, macht sie den Eindruck einer einfachen, recht scharfen Linie. Die Wellenlänge, die man aus Spektrogrammen mit sehr kleiner Dispersion ermittelt, wird etwas von der Dispersion, Spaltbreite und den Empfindlichkeitsverhältnissen der Platte und von den Intensitätsverhältnissen der Bestandteile abhängen. Mit dem von mir verwendeten Spektrographen und mit nicht sehr engem Spalt finde ich gewöhnlich für den Linienkomplex eine Durchschnittswellenlänge von etwa 5238.

Wegen der von Götz verwendeten äußerst kleinen Dispersion (1540 Å/mm) und der großen Verbreiterung der bekannten Beziehungslinien und -banden muß man mit erheblichen *systematischen* Fehlern rechnen, wodurch bei der Wellenlängenbestimmung Fehler von — sagen wir — 50 Å entstehen können. Durch Ausmessung des in 10facher Vergrößerung in der Mitteilung von Götz abgebildeten Spektrums finde ich eine Wellenlänge von 5212.

Im März 1940 erhielten wir in Tromsö mit einem großen Spektrographen ein Spektrogramm, welches zeigte, daß die „zweite grüne Linie" aus einem anscheinend kontinuierlichen Band und außerdem noch aus drei scharfen Linien mit den Wellenlängen 5203, 5230 und 5253[4]) bestanden. Dies Ergebnis hat sich durch mehrere später aufgenommene Spektrogramme bestätigt[5]).

Auf dem Nordlichtspektrogramm von Götz treten die negativen Banden und die Linie 5577 mit größter Schwärzung auf, und auf der verwendeten grünempfindlichen Platte ist nach meiner Erfahrung das Auftreten der bekannten „zweiten grünen Linie" unbedingt zu erwarten.

Die Annahme von Götz, daß eine neue, früher nicht beobachtete Linie auftritt, ist durch seine Beobachtungen nicht begründet.

Oslo (Norwegen), Physikalisches Institut der Universität, im August 1942. L. Vegard.

[1]) Naturwiss. **29**, 690 (1941).
[2]) L. Vegard, Nature (Lond.) **119**, 849 (1927).
[3]) L. Vegard, Geof. Publ. **9**, Nr 11 (1932).
[4]) L. Vegard u. E. Tönsberg, Gerlands Beitr. Geophys. **57**, 289 (1941).
[5]) L. Vegard u. E. Tönsberg, Geof. Publ. **13**, Nr 5 (1941).

Deutung einer weiteren grünen Nordlichtlinie.

Erwiderung auf die Bemerkungen von L. Vegard.

Die im Nordlicht des 18./19. September 1941 in Arosa im Spektroskop visuell so auffällige weitere grüne Linie wurde in den „Naturwissenschaften" von mir „vorläufig zu 5190 Å" und im Novemberheft 1941 der „Zeitschrift für angewandte Meteorologie" nach Ausmessung an einem Töpferschen Komparator zu 5194 Å angegeben, wobei an letzterer Stelle darauf hingewiesen wurde, daß sie offenbar schon von Vogel 1872 beobachtet worden ist. Die Ausmessung der angekündigten Photometerregistrierungen erwies dann klar, daß es sich um die verbotene Linie *5199* Å des *atomaren Stickstoffs* handeln muß, welche — wie ja auch die vorstehenden Bemerkungen von Herrn Professor Vegard zeigen — von den klassischen Nordlichtern der Nordlichtzone nicht bekannt ist. Zum selben Ergebnis kam, wie mir wegen der derzeitigen Unzugänglichkeit der „Comptes Rendus" lange unbekannt blieb, am 18./19. September 1941 im südlichen Frankreich Dufay[1]). Die Registrierung der Aroser Aufnahme zeigt übrigens am kurzwelligen Ende auch noch eine Linie 3469 ± 2 Å; wenn diese auch, wohl wegen der angrenzenden langwelligeren Bande, nicht das Kriterium erfüllt, schon unter der Lupe einwandfrei sichtbar zu sein, ist sie doch offenbar die schon von Bernard gefundene verbotene NI-Linie 3467 Å, was die Deutung von 5199 Å auch wieder stützt[2]). Hoffen wir, daß das nächste Fleckenmaximum eine interferometrische Bestimmung ermöglicht.

Arosa, Lichtklimatisches Observatorium, im September 1942. F. W. Paul Götz.

[1]) J. Dufay, Cahiers de Phys. Décembre 1941, Nr 6, p. 71.
[2]) F. W. P. Götz u. F. Schmid, Höhenmessung des Nordlichts vom 18. Sept. 1941. Verh. schweiz. naturf. Ges. Sitten 1942.

Zur vorstehenden Erwiderung von F. W. Paul Götz.

Es ist wohl bekannt, daß auch in „den klassischen Nordlichtern der Nordlichtzone" eine Linie mit der Wellenlänge 3467 auftritt. Sie wurde schon in 1922 auf einem mit erheblicher Dispersion aufgenommenen Spektrogramme beobachtet und ausgemessen.

Seit 1930 habe ich zusammen mit meinen Mitarbeitern auf dem Tromsö-Observatorium diese Linie auf einer Reihe von Spektrogrammen des großen Quarzspektrographen mit großer Genauigkeit ausgemessen[1]). Für die Wellenlänge erhielten wir 3467,5.

Die Identifikation dieser Linie mit der verbotenen NI-Linie 3466 ist jedoch nicht als sichergestellt anzusehen. Die verbotene NL-Linie 5199 sollte im Vergleich zu 3466 sehr schwach sein. Da die Linie 3467 im Nordlicht mit verhältnismäßig kleiner Intensität auftritt, ist nicht zu erwarten, daß

[1]) Vgl. L. Vegard u. E. Tönsberg, Geof. Publ. **13**, Nr 5 (1941).

die verbotene NI-Linie 5199 mit beobachtbarer Intensität auftreten würde.

Oslo (Norwegen), Physikalisches Institut der Universität, am 20. Oktober 1942. L. VEGARD.

Zur Frage der wellenlängenunabhängigen Zählrohrmessung.

Zu der Mitteilung der Herren RAJEWSKY, DORNEICH und DREBLOW über ein Kugelzählrohr mit luftäquivalenten Wänden machen wir im Einvernehmen mit den genannten Verfassern darauf aufmerksam, daß ein von uns entwickeltes, praktisch wellenlängenunabhängiges zylindrisches Zählrohr aus Plexiglas auf einer öffentlichen Tagung im Mai 1941 bekanntgemacht und vorgeführt wurde. Seitdem wird es bei den Strahlenschutzmessungen der Reichsröntgenstelle und in verschiedenen Betrieben verwendet. Die in der Z. VDI 85, Nr 41/42, 829—833 (1941) von A. TROST erfolgte Veröffentlichung war den Herren R., D. und D. unbekannt.

Das Plexiglaszählrohr der Reichsröntgenstelle weist nur bei weicher Strahlung eine durch Absorptionswirkung entstehende geringe Richtungsabhängigkeit auf. Hier erreicht das zylindrische Zählrohr nicht die vollkommene Richtungsunabhängigkeit eines Kugelzählrohres. Dagegen hat bei den in der technischen Röntgendurchstrahlung üblicherweise benutzten Spannungen und Vorfilterungen die Richtungsabhängigkeit des Plexiglaszählrohres keinen praktischen Einfluß auf die Messung.

Berlin, Reichsröntgenstelle beim Staatlichen Materialprüfungsamt, im September 1942.

R. BERTHOLD. A. TROST.

Über formbildende Wirkstoffe bei Azotobacter chroococcum und der Einfluß dieser formativen Wirkstoffe auf die Bakteroidenbildung von Bacterium radicicola.

Gelegentlich unserer Zusammenkunft in Greifswald im März 1942, in Uppsala im September 1942, stellten wir fest, daß wir auf oben genanntem Gebiet zu den gleichen Ergebnissen gekommen waren und beschlossen daraufhin im September 1942, unsere Versuchsergebnisse der Vorjahre in einer gemeinsamen Veröffentlichung herauszubringen.

NILSSON und seine Mitarbeiter BJÄLVE und BURSTRÖM hatten in ihrer Arbeit: Über Zuwachsfaktoren bei Bacterium radicicola III, 1939 schon festgestellt, daß bei Zugabe hoher Vitamin B_1-Mengen und größerer Gaben eines Amylalkoholextraktes von Hefe auf synthetischen Nährböden bakteroide Formen bei Bacterium radicicola (Trif. pratense) zu beobachten waren.

NILSSON und BJÄLVE konnten dann auch feststellen, daß bei gleichzeitiger Beimpfung des synthetischen Nährbodens mit Bacterium radicicola (Trif. Pratense) und Azotobacter chroococcum auch hier verzweigte Formen bei Bacterium radicicola festzustellen waren.

Ein ähnlicher Effekt konnte nach mündlichen Mitteilungen von HOLZWEISSIG im Radicin-Institut beobachtet werden.

Die chemisch-präparative Bearbeitung des im Amylalkoholextrakt von Hefe vorfindlichen formativen Prinzips wurde von NILSSON in Angriff genommen, aber noch nicht zum Abschluß gebracht.

NAUNDORF untersuchte speziell dieses Gebiet und konnte feststellen, daß solche bakteroide Formen auch bei Bacterium radicicola der Sojagruppe nach Einimpfung von Azotobacter chroococcum nachzuweisen waren. Bei der Saatimpfung (Soja) mit einer Aufschwemmung von Bacterium radicicola und Azotobacter chroococcum konnte NAUNDORF beobachten, daß in den Knöllchen der so behandelten Pflanzen die Zahl der bakteroiden Formen wesentlich erhöht war gegenüber den Kontrollpflanzen, die nicht zusätzlich mit Azotobacter chroococcum beimpft worden waren. Derselbe Effekt konnte erzielt werden, wenn er statt durch Zugabe von Azotobacter chroococcum nur einen Extrakt (Amylalkohol) dieses freilebenden Stickstoffbinders verabreichte. So stieg das Verhältnis der Bakteroiden zu den Bakterien in den Knöllchen von 6:4 bei den Kontrollpflanzen auf 8:2 bei den behandelten Pflanzen. Er konnte auch im Maiskeimextrakt solch ein formbildendes Prinzip, das bakteroide Formen von Bacterium radicicola hervorbrachte, nachweisen.

Die hier genannten, recht interessanten Effekte scheinen uns weittragende Schlüsse zuzulassen. Interessant ist die Tatsache des Vorhandenseins solch formbildender Wirkstoffe bei Azotobacter chroococcum. Da sie sich auch als Stoffwechselprodukte finden, vermuteten wir, daß das formbildende Prinzip identisch mit dem Zellstreckungswuchsstoff Heteroauxin sein könnte, das bekanntlich bei Azotobakter nachgewiesen werden konnte. Untersuchungen mit Reinkulturen von Bacterium radicicola (Sojagruppe) zeigten jedoch, daß Heteroauxin in allen Konzentrationen, die verwandt wurden, nicht imstande war, bakteroide Formen zu erzeugen.

Der oft beobachtete günstige Effekt bei gleichzeitiger Impfung mit Bacterium radicicola und Azotobacter chroococcum dürfte somit wohl nicht nur ein Stickstoffeffekt, sondern auch ein Wirkstoffeffekt sein, der für das Pflanzenwachstum von besonderer Bedeutung zu sein scheint. Durch diese Ergebnisse erscheint uns die Mikroflora des Bodens in einem ganz neuen Lichte, und es wird zu erwarten sein, daß solch gegenseitige Beeinflussungen in Zukunft noch weiter gefunden werden. Untersuchungen über die chemische Natur bzw. stoffliche Zusammensetzung dieses formbildenden Prinzips sind im Gange.

Greifswald, Landwirtschaftliches Forschungsinstitut der Universität, und Uppsala (Schweden), Mikrobiologisches Institut der Landwirtschaftlichen Hochschule, den 2. Oktober 1942. GERHARD NAUNDORF. RAGNAR NILSSON.

Die Entstörung magnetischer Beobachtungsräume und erdmagnetischer Observatorien von Gleichstrom-Magnetfeldern der elektrischen Bahnen.

Durch den elektrischen Bahnbetrieb werden bekanntlich magnetische Feinmessungen aller Art erheblich beeinträchtigt. Die Laboratorien der Institute und der Industrie flüchten aus diesem Grunde bis in weite Entfernung vom Stadtrand, katastrophal ist die Lage der erdmagnetischen Observatorien, die in fast allen Staaten in den letzten Jahren verlegt werden mußten, wobei sich die gewählte Entfernung nach kurzer Zeit meistens nicht als ausreichend erweist. Als Beispiel sei nur das deutsche Observatorium Potsdam angeführt, das zum ersten Male 1908 nach Seddin (Mark) umziehen (13 km) und 1930, nach Errichtung der elektrischen Vorortbahnen, in eine Entfernung von 44 km (Niemegk, Kr. Zauch-Belzig) übersiedeln mußte. Durch lichtelektrische Methoden zur Verwandlung eines Ausschlagwinkels in Strom bzw. Verwendung des lichtelektrischen Verstärkers [beschrieben von L. MERZ[1])] ist es möglich, entweder völlig störungsfreie Räume herzustellen oder bestimmte Störungen unter gewissen Umständen „partiell" zu unterdrücken.

1. *Herstellung eines völlig störungsfreien Raumes, totale Entstörung.* Die Beseitigung sämtlicher magnetischer Störungen, einschließlich der durch kosmische Einflüsse bedingten zeitlichen Variationen des Erdmagnetfeldes, kann auf folgende Weise geschehen: Mittels eines besonderen magnetischen Variometers (Entstörungsvariometer) mit angeschlossener lichtelektrischer Einrichtung werden die Störfelder in elektrische Ströme umgesetzt, die diesen Feldern dann proportional sind. Die erzeugten Ströme können daher dazu dienen, in passend dimensionierten Spulen Magnetfelder zu erzeugen, die den störenden genau gleich und entgegengesetzt gerichtet sind. Zur Erzielung einer einwandfreien Entstörung muß dabei natürlich ein Variometer für diejenige Komponente benutzt werden, die am eigentlichen Meßort entstört werden soll. Falls wegen der relativen Kleinheit der direkten lichtelektrischen Ströme die Kompensationsspule in unbequemen Dimensionen ausgeführt werden müßte, kann zweckmäßig eine Stromverstärkung mit dem lichtelektrischen Verstärker vorgenommen werden. Infolge der außerordentlichen Konstanz des Verstärkungsverhältnisses dieses Apparates (Unabhängigkeit von den elektrischen Betriebsdaten) tritt durch seine zusätzliche Verwendung kein Unsicherheitsfaktor in die Methode ein.

Die mit der Benutzung von Photozellen verbundene Beeinflußbarkeit der Anordnung durch die elektrischen Betriebsdaten wird nun gänzlich vermieden, wenn man[2]) das Prinzip der negativen Rückkopplung auf magnetische Variometer anwendet. Hierzu ist es lediglich nötig, die Richtkraft des Entstörungsvariometers äußerst gering zu machen und

durch ein Magnetfeld zu ersetzen, das sich der Apparat, durch Photozellensteuerung, selbst erzeugt. Die entsprechende Schaltung sei für ein Variometer einer beliebigen magnetischen Komponente mitgeteilt (Fig. 1). Der von dieser selbstkompensierenden Einrichtung gelieferte Strom J kann dann wie bei der erst beschriebenen Anordnung zur Entstörung benutzt werden. Man hat dabei den Vorteil, auch schnell ablaufende Störungen unschädlich machen zu können, da das Einstellmoment dieser Einrichtung groß gegenüber dem Trägheitsmoment des Variometermagneten gemacht werden kann, während im anderen Falle meistens mit einer größeren Trägheit des Entstörungsvariometers gerechnet werden muß.

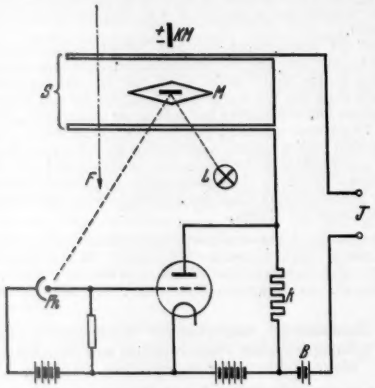


Fig. 1. *Selbstkompensierendes erdmagnetisches Variometer.* L Lichtquelle, Ph Photozelle, M Magnetnadel, KM Kompensationsmagnet, S Spule, R Anodenwiderstand, F Richtung der zu entstörenden bzw. zu registrierenden Feldstärke, B Kompensationsbatterie, J Ausgangsstrom.

Die *richtkraftfreien magnetischen Variometer mit Eigenkompensation* scheinen m. E. dazu berufen, die bisher in den erdmagnetischen Observatorien verwendeten Registriervariometer mit photographischer Aufzeichnung zu ersetzen, da der selbsterzeugte Kompensationsstrom dieser Apparate weitgehend unabhängig von den Betriebsdaten ist und eine bequeme Aufzeichnung mittels einfacher Schreibvorrichtungen (z. B. Tintenschreiber) gestattet. Hierüber werde ich gelegentlich Näheres berichten.

2. *Partielle Entstörung.* In der Praxis wird vielfach der Fall vorliegen, daß die Störungen nur von einer Ursache ausgehen, der elektrischen Vorortbahn, bzw. daß gerade die Beseitigung dieser spezifischen Störungsursache angestrebt wird (Fall der erdmagnetischen Observatorien).

Es sei zunächst darauf hingewiesen, daß es mit Benutzung einer direkten Drahtleitung zu der Störungsursache (z. B. Gleichstromkabel) möglich erscheint, mindestens die Störung der Vertikalkomponente durch Abzweigung eines Teilstromes zu kompensieren, ein Fall, der für erdmagnetische Observatorien durchaus in Betracht kommen könnte. Diese triviale Lösung ist, abgesehen von der Schwierigkeit der Überbrückung größerer Entfernungen, dann aber nicht anwendbar, wenn die Störungsursache selbst nicht konstant ist, sondern, wie z. B. bei den mit dem elektrischen Bahnbetrieb zusammenhängenden Störungen, in wechselnder Entfernung zu suchen ist. Hier möge zunächst die Bemerkung Platz finden, daß nach meinen Beobachtungen der horizontale Störungsvektor dieser Störungsquelle vielfach in eine genau definierte Richtung fällt. Es ist daher auch ohne besondere Zusatzapparate möglich, die gestörten Apparate, meist Magnetometer, im Azimut so zu orientieren, daß die Indikatornadel (bzw. beim astatischen Magnetometer die verbliebene Restkomponente des Magnetpaares) in die Richtung geringster Störung zu liegen kommt. — Schwieriger liegen die Verhältnisse bei den erdmagnetischen Observatorien, wo die industriellen Störungen von den natürlichen, von kosmischen Einflüssen herrührenden Effekten abgespalten werden müssen. Hier kann man durch Zuhilfenahme der *erdelektrischen Ströme*, die die Magnetfeldstörung begleiten, eine Entstörung herstellen. Diese Ströme sind den Feldschwankungen proportional und liegen, wie die Beobachtung ergab, in einer bestimmten Richtung. In der Nähe des Observatoriums Potsdam beträgt z. B. die durch die elektrische Vorortbahn in Richtung des Erdstromes hervorgerufene Störspannung je Meter etwa 0,4 Millivolt. Indem man die Potentialdifferenz an zwei Erdsonden abgreift und in einen lichtelektrischen Verstärker einführt, erhält man am Ausgang des Verstärkers bequem einige Milliampere, die beim Durchfließen einer Spule das gewünschte Kompensationsmagnetfeld erzeugen. In der beigegebenen Beobachtungsreihe (Fig. 2) wird die Entstörung eines Variometers der Vertikalintensität gezeigt. Der Abstand der Erdspieße betrug 20 m, der Eingangswiderstand des lichtelektrischen Verstärkers (Siemens & Halske, stromempfindliche Type) 950 Ω, zur Erzeugung des Kompensationsfeldes wurde eine Flachspule von 3000 Windungen, 40 cm Durchmesser benutzt, die horizontal, im horizontalen Abstande von etwa 1 m, vom Variometer aufgestellt war.

Als Variometer diente eine SCHMIDTsche Feldwaage (Askania-Werke, Berlin-Friedenau), Empfindlichkeit 3 γ je Skalenteil. Der gestörte Verlauf wurde an einem gleichartigen Instrument abgelesen. Die Aufzeichnung des Kompensationsstromes geschah durch einen Tintenschreiber (Siemens & Halske). Die Störung beträgt während des ersten Anfahrtsstoßes der Bahn etwa 30 γ (= 0,3 Milligauß). Die Kompensation wird durch passende Wahl des Verstärkungsverhältnisses oder Änderung des Spulenabstandes erreicht. Bei dem relativ großen Abstande der Spule ist das Kompensationsfeld über einen hinreichend großen Raum homogen.

In analoger Weise kann eine horizontale Komponente entstört werden. Die maximale horizontale Störung liegt senkrecht zu der Richtung des Erdstromes.

Es ist einleuchtend, daß eine partielle Entstörung auf dieser Grundlage nur durchgeführt werden kann, wenn das

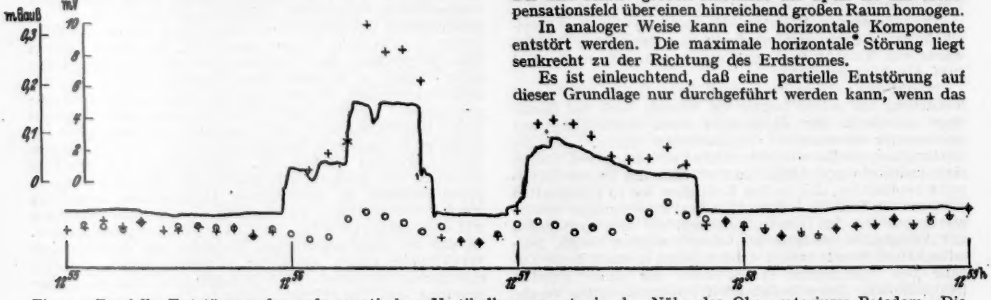


Fig. 2. Partielle Entstörung der erdmagnetischen Vertikalkomponente in der Nähe des Observatoriums Potsdam. Die Störung wird durch die 1,5 km entfernte elektrische Vorortbahn Berlin—Potsdam (S-Bahn, 6. X. 1942, ab Potsdam 12^{56} Uhr) hervorgerufen. +++: Gestörter Verlauf von Z (Ablesungen eines Z-Variometers jede 5. Sekunde); OOO: Entstörter Verlauf von Z (Ablesungen eines entstörten Variometers); ausgezogene Kurve: Verlauf der Störspannung an zwei Erdsonden in 20 m Abstand, gleichzeitig Stromstärke in der Kompensationsspule (Aufzeichnung durch Tintenschreiber mit lichtelektrischem Verstärker).

Verhältnis der von den industriellen Störströmen zu den mit ihnen vorhandenen Magnetfeldschwankungen ein Vielfaches von den entsprechenden mittleren Schwankungen der natürlichen Variationen ist. Im anderen Falle würde durch den natürlichen Erdstrom in der Kompensationseinrichtung eine unerwünschte zusätzliche Felderzeugung hervorgerufen. Die täglichen Amplituden des natürlichen Erdstromes liegen nach den bisherigen Erfahrungen meist unter 5 Millivolt/km, die natürlichen Feldschwankungen liegen in der Größenordnung von 10 γ (= 0,1 Milligauß). Es ist also der Anwendungsmöglichkeit des geschilderten Kompensationsverfahrens ein verhältnismäßig weiter Spielraum gelassen.

Liegen mehrere Störungsursachen vor, so erscheint es möglich, die Entstörung für jede einzelne Ursache gesondert durchzuführen.

Potsdam, Geophysikalisches Institut, den 13. Oktober 1942. M. Rössiger.

[1]) L. Merz, Lichtelektrische Gleichstromverstärker. Arch techn. Messen, Blatt Z 64-3 (Dez. 1937); s. auch Arch. Elektrotechn. 31, Heft 1 (1937).

[2]) Nach freundl. Hinweis von Herrn Merz.

Messungen von Einfangquerschnitten für langsame Neutronen bei verschiedenen Temperaturen.

Der Einfangquerschnitt einer Substanz für langsame Neutronen läßt sich unabhängig von der Streuung der Neutronen bestimmen, wenn man die Neutronendichte ϱ_0 in einem ungestörten Feld langsamer Neutronen mit der Dichte ϱ_{abs} an der Oberfläche einer in dieses Feld gebrachten Platte aus der zu untersuchenden Substanz vergleicht*). Ist nämlich die Erstreckung der Platte in ihrer Ebene groß gegenüber der Diffusionslänge der Neutronen im umgebenden Verlangsamungsmittel, so ist das etwa mit dünnen Indikatoren gemessene Dichteverhältnis mit der als klein angenommenen Absorptionswahrscheinlichkeit ξ der Neutronen beim einmaligen senkrechten Durchgang durch die Absorberplatte verknüpft durch die einfache, aus der Fermischen[1]) Theorie folgende Beziehung:

$$\frac{\varrho_0}{\varrho_{abs}} = 1 + \frac{\sqrt{3}}{2}\sqrt{N+1}\,\xi = 1 + 12{,}3\,\xi. \qquad (1)$$

Hier bedeutet N das Verhältnis von Streuquerschnitt zu Einfangquerschnitt für Wasserstoff ($N = 200$ eingesetzt). Aus ξ ergibt sich der Einfangquerschnitt σ_{abs} nach

$$\xi = \mathfrak{N} d\, \sigma_{abs}$$

(d = Dicke der Platte, $\mathfrak{N}$ = Anzahl der absorbierenden Atome im cm[3]).

Für große Werte von ξ ist (1) durch

$$\frac{\varrho_0}{\varrho_{abs}} = 1 + \sqrt{N+1}\,\mathfrak{T}\mathfrak{g}\left(\frac{\sqrt{3}}{2}\,\xi\right) \qquad (2)$$

zu ersetzen.

Auch bei Substanzen, deren Streuquerschnitt sehr groß gegen ihren Einfangquerschnitt ist, liefert das Verfahren den reinen Einfangquerschnitt, solange die Dicke der Absorberplatte klein gegen die Diffusionslänge im Absorbermaterial bleibt, und diese Bedingung ist praktisch stets erfüllt.

Während sich die häufig zur Bestimmung von Einfangquerschnitten benutzte Indikatormethode, bei der die in einem Indikator aus der Versuchssubstanz induzierte Aktivität als Maß für den Einfangquerschnitt dient, nur auf Isotope anwenden läßt, die durch Neutronenbestrahlung radioaktiv werden, wird hier immer die Summe der Einfangquerschnitte aller Isotope des betreffenden Elements gemessen. Auch in Fällen, wo man wie bei den Elementen ungerader Ordnungszahl alle Isotope mit der Indikatormethode erfassen kann, wird man aber aus etwaigen Abweichungen zwischen den mit den beiden Methoden gefundenen Querschnitten Hinweise auf noch unbekannte Einfangprozesse oder besondere Eigenheiten des Spektrums der emittierten Teilchen bekommen. Auch der von Frisch, v. Halban und Koch[2]) angegebenen Lösungsmethode ist die hier angewandte vor allem bei kleinen Einfangquerschnitten überlegen, weil der Faktor 12,3 in der Formel (1) eine Verstärkung des beobachteten Effekts bedingt.

Bei den Messungen wurden zwei verschiedene Versuchsanordnungen verwendet, von denen die eine zur Absolutbestimmung von Einfangquerschnitten diente, während die andere es ermöglichte, die Temperaturabhängigkeit des Absorptionsquerschnitts bei Temperaturen zwischen 20° und 200° C festzulegen. Die erste Anordnung bestand aus zwei großen Paraffinwürfeln von etwa 30 cm Kantenlänge, die unter Freilassung eines schmalen Luftspalts nebeneinander standen. Die Neutronendichte zwischen den Blöcken wurde mit Silberindikatoren abwechselnd im leeren Luftspalt und nach dem Zwischenschieben von Absorberplatten gemessen. Als Neutronenquelle diente der mit Deuteronen beschossene Berylliumauffänger des Entladungsrohres, der sich in der Spaltebene oberhalb der Paraffinblöcke befand. Die Absorberplatten bzw. der dünnwandige flache Aluminiumkasten zur Aufnahme pulverförmiger Substanzen hatten eine Größe von 30×30 cm[2]. In größerem Abstande vom Absorber liegende Vergleichsindikatoren wurden stets mitgemessen, um alle Einzeldaten auf gleiche Neutronenquellstärke umrechnen zu können.

Bei der zweiten Anordnung zur Messung der Temperaturabhängigkeit der Absorption diente zur Verlangsamung der Neutronen ein großer Topf mit Paraffinöl, der bis über 200° C geheizt werden konnte. In diesem Topf wurden vier Indikatoren in symmetrischer Lage unter der Neutronenquelle bestrahlt. Zwei gegenüberliegende Indikatoren befanden sich zwischen flachen Aluminiumdosen von 6 cm Durchmesser, welche die Absorbersubstanz enthielten, die beiden anderen Indikatoren zwischen entsprechenden leeren Dosen. Bei der Ausmessung wurde über die Aktivität jedes Paares gemittelt. Diese zweite Anordnung war zu Absolutmessungen des Einfangquerschnitts nicht geeignet, weil die Absorberschichten kaum größer als die Indikatoren und auch absolut zu klein waren, um eine Gültigkeit der Formel (1) erwarten zu können. Sie diente nur zum Vergleich der Absorption bei verschiedenen Temperaturen. Bei beiden Anordnungen wurde natürlich der Einfluß von nichtthermischen Neutronen auf die Indikatoraktivität durch Cadmiumversuche eliminiert. Auch die Absorption des Indikators selbst wurde durch ein besonderes Verfahren streng berücksichtigt.

Die Ergebnisse der Messungen sind in Tabelle 1 zusammengestellt. In der 1. Spalte werden die Absorptionsquerschnitte in 10^{-24} cm[2], in der 2. Spalte die mit der zweiten Anordnung beobachteten Verhältnisse der bei 23° und 200° gemessenen Werte der Größe $\frac{\varrho_0}{\varrho_{abs}} - 1 = A$ gegeben. Das Verhältnis dieser Größen gibt nicht unmittelbar die Temperaturabhängigkeit von ξ, weil einmal auch der Faktor $\sqrt{N+1}$ von der Temperatur abhängt und weil zweitens hier wegen des kleinen Durchmessers der Absorberschichten noch ein weiterer, von der Geometrie abhängiger Faktor zu $\sqrt{N+1}\,\xi$ treten muß, der infolge der starken Temperaturabhängigkeit der Diffusionslänge auch stärker von der Temperatur abhängen wird. Da man aber sicher damit rechnen kann, daß für Bor und wahrscheinlich auch Silber das $\frac{1}{v}$-Gesetz, d. h. das $\frac{1}{\sqrt{T}}$-Gesetz für die Temperaturabhängigkeit der Absorption gelten wird und in unserem Fall $\sqrt{\frac{273+200}{273+23}} = 1{,}265$, wurden alle Werte der Spalte 2 durch einen gemeinsamen Faktor 1,135 geteilt, um zu erreichen, daß sich für Bor und Silber im Mittel gerade das $\frac{1}{\sqrt{T}}$-Gesetz ergibt. Die so gefundenen Werte stehen in der letzten Spalte. Der Faktor 1,135 bringt also die Temperaturabhängigkeit von $\sqrt{N+1}$ und dem Geometriefaktor zum Ausdruck und hat auch die nach einer Abschätzung zu erwartende Größe.

Die gemessenen Werte für den Einfangquerschnitt stimmen in den Fällen, bei denen man schon mit anderen Methoden recht sichere Ergebnisse gewonnen hat, gut mit diesen früheren Werten überein, so z. B. bei Silber, wo die

*) Diese Methode wurde von R. Döpel zur Messung des Einfangquerschnitts benutzt (vgl. die im Erscheinen begriffene Leipziger Dissertation von J. Gehlen).

Messung der Gesamtabsorption mit der Neutronenstrahlmethode wegen der hier sehr klein gefundenen Streuung einen verläßlichen Wert geben muß (Literaturwerte zwischen 55 und $65 \cdot 10^{-24}$ cm²). Bei anderen Substanzen treten aber deutliche Unterschiede gegenüber den mit der Indikatormethode gefundenen Werten auf, und zwar sind die hier gefundenen Werte ausnahmslos größer, so z. B. bei Aluminium, Kupfer, Niob, Tantal und Wismut, lauter Elementen ungerader Ordnungszahl, bei denen eigentlich aus der Aktivitätsmethode der gleiche Einfangquerschnitt folgen sollte. Wo aber bei diesen Elementen Gesamtquerschnitt und Streuquerschnitt gut gemessen sind, scheint ihre Differenz in viel besserer Übereinstimmung mit den hier gefundenen Werten als mit denen der Indikatormethode zu sein. Es muß auch beachtet werden, daß vor allem bei Substanzen mit kleinen Einfangquerschnitten schon sehr kleine Beimengungen von Elementen mit extrem großen Einfangquerschnitten das Resultat sehr beeinflussen können. So mag der Zinkwert der Tabelle durch Cadmiumgehalt des Zinks verfälscht sein. Auf die Reinheit der Substanzen wurde stets besonderer Wert gelegt.

Auch die in der letzten Spalte gegebenen Werte für die Temperaturabhängigkeit stimmen gut mit den bisher hier vorliegenden Messungen überein. Insbesondere finden Baker und Bacher[3]) für Cadmium durch Neutronenflugzeitmessungen mit einem modulierten Cyklotron einen praktisch konstanten Einfangquerschnitt in dem hier untersuchten Geschwindigkeitsgebiet, wie er sich auch hier innerhalb der Fehlergrenzen ergibt. Man hat in der Messung der Temperaturabhängigkeit eine bequeme Methode, um bei stark absorbierenden Substanzen Aussagen über die Lage der Resonanzstelle zu machen, die z. B. bei Cadmium etwas oberhalb thermischer Energien liegt und so den $\frac{1}{v}$-Abfall aufhebt und bei Gadolinium und wahrscheinlich auch Quecksilber unterhalb des thermischen Gebiets oder bei negativen Energien, was zu einem steileren Abfall führt, als es dem $\frac{1}{v}$-Gesetz entspricht.

Die Messungen werden weiter fortgesetzt. Auch über die durch thermische Neutronen induzierten Aktivitäten einiger Substanzen, bei denen Abweichungen zwischen den hier gefundenen Einfangquerschnitten und denen der Aktivitätsmethode auftraten, sind Untersuchungen im Gange.

Tabelle 1.

	σ in 10^{-24} cm²	$\frac{A_{23}°}{A_{900}}$	$\frac{\sigma_{23}°}{\sigma_{900}°}$
Bor	—	1,46 ± 0,03	1,29
Magnesium	0,22 ± 0,05	—	—
Aluminium	0,44 ± 0,07	—	—
Eisen	3,1 ± 0,3	—	—
Kupfer	3,6 ± 0,4	—	—
Zink	4,0 ± 0,4	—	—
Arsen	5,2 ± 0,5	—	—
Niob	1,5 ± 0,4	—	—
Silber	64 ± 3	1,41 ± 0,03	1,24
Cadmium	—	1,09 ± 0,02	0,96
Gadolinium	—	1,62 ± 0,03	1,43
Tantal	20 ± 2	—	—
Quecksilber	—	1,52 ± 0,03	1,34
Thallium	3,2 ± 0,4	—	—
Blei	0,80 ± 0,10	—	—
Wismut	0,45 ± 0,10	—	—

Herrn Prof. W. Heisenberg danke ich herzlich für anregende Diskussionen.

Berlin-Dahlem, Max Planck-Institut, 14. Oktober 1942.
Wolfgang Ramm.

[1]) E. Fermi, Ric. Scient. VII—II, 13 (1936).
[2]) O. R. Frisch, H. v. Halban u. J. Koch, Mitt. Danske Vidensk. Selskab. 15, 10 (1938) — C. Lapointe u. F. Rasetti, Phys. Rev. 58, 554 (1940).
[3]) C. P. Baker u. R. F. Bacher, Phys. Rev. 59, 332 (1941).

Isolierung und Kristallisation eines phosphatübertragenden Gärungsferments.

Wie die Reindarstellung des oxydierenden Gärungsferments gezeigt hat, entsteht bei der Oxydationsreaktion der Gärung 1,3-Diphosphoglyzerinsäure. Die Frage nach dem weiteren Schicksal dieses Körpers hat zur Isolierung eines sehr wirksamen phosphatübertragenden Proteins geführt. Dies katalysiert — mit Ionen des Magnesiums oder verwandter Metalle verbunden — die Reaktion:

1,3-Diphosphoglyzerinsäure + Adenosindiphosphat
⇅
3-Phosphoglyzerinsäure + Adenosintriphosphat

Optischer Test.

Bei Ablauf der Reaktion treten weder im Sichtbaren noch im Ultraviolett wesentliche Farbänderungen auf. Trotzdem kann sie, durch Koppelung mit der oxydierenden Gärungs-

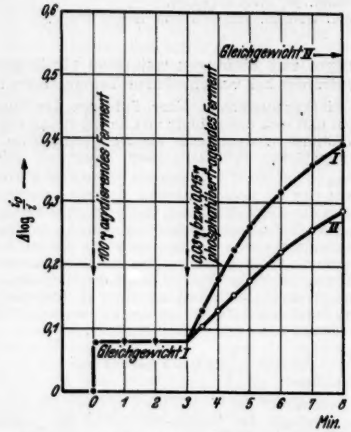


Fig. 1. Zusammenwirken von oxydierendem und phosphatübertragendem Ferment. Gemessen wird die Lichtabsorption bei 334 mμ. Im Absorptionstroge befinden sich: 3-Glyzerinaldehydphosphat, anorg. Phosphat, Diphosphopyridinnucleotid, Adenosindiphosphat sowie Mg^{++}-Ionen. Nach Zusatz des oxydierenden Gärungsferments stellt sich das Gleichgewicht:

3-Glyzerinaldehydphosphat + Phosphat + Pyridinnucleotid
⇅
1,3-Diphosphoglyzerinsäure + Dihydropyridinnucleotid

ein, das stark auf der linken Seite liegt, so daß sich nur eine geringe Lichtabsorption bemerkbar macht (Gleichgewicht 1). Nach Zusatz einer geringen Menge phosphatübertragenden Ferments tritt die 1,3-Diphosphoglyzerinsäure mit Adenosindiphosphat in Reaktion. Nach dem Massenwirkungsgesetz reagiert Pyridinnucleotid nach, bis sich ein neues Gleichgewicht einstellt. Die Anfangsgeschwindigkeit ist dabei der eingesetzten Menge des phosphatübertragenden Ferments proportional.

reaktion, lichtelektrisch verfolgt werden. Es ist ein „zusammengesetzter" optischer Test ausgearbeitet worden, bei dem während der Phosphatübertragung lichtabsorbierendes Dihydropyridinnucleotid entsteht (vgl. Fig. 1).

Die *Isolierung* erfolgte aus Hefesaft. Die wesentlichen Reinigungsschritte waren Nucleoproteidfällungen aus angesäuerter, alkoholischer Lösung. Die *Kristallisation* erfolgt aus pyrophosphathaltiger, alkalischer Ammonsulfatlösung vom Sättigungsgrade 0,6.

Folgende Eigenschaften des Ferments erscheinen mir bemerkenswert:

1. Das Ferment ist etwa 10mal wirksamer als das wirksamste bisher isolierte Gärungsferment. Für den optischen Minutentest genügt 0,01 γ pro Kubikzentimeter.

2. Das Ferment ist streng spezifisch, es kann keine der anderen phosphatübertragenden Gärungsreaktionen hervorbringen. Dies macht wahrscheinlich, daß der Phosphatkreislauf der Gärung durch das Zusammenwirken von mindestens vier spezifischen, phosphatübertragenden Proteinen zustande kommt.

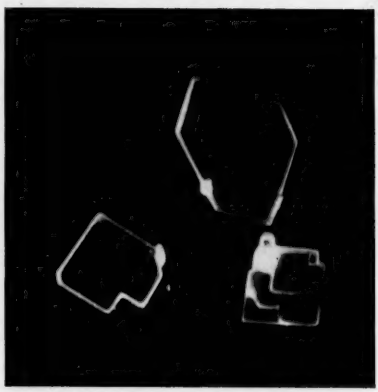


Fig. 2. Kristalle des phosphatübertragenden Ferments.

Berlin-Dahlem, Kaiser Wilhelm-Institut für Zellphysiologie, den 27. Oktober 1942. THEODOR BÜCHER.

Eine Formel für die Teilsummen gewisser hypergeometrischer Reihen und deren Bedeutung für die Wahrscheinlichkeitstheorie.

Eine Urne enthalte N Kugeln, von denen a schwarz und b weiß sind. Gezogen wird eine Kugel. Man notiert ihr Merkmal, legt sie in die Urne zurück und füllt *zusätzlich* Δ Kugeln gleicher Art nach. Damit ist ein Versuch abgeschlossen. Wie groß ist die Wahrscheinlichkeit $w(n_1)$, in n Versuchen n_1 schwarze Kugeln zu erhalten? Die Frage haben F. EGGENBERGER und G. PÓLYA[1]) durch die Formel

$$w(n_1) = \binom{n}{n_1} \times \frac{a(a+\Delta)\cdots[a+(n_1-1)\Delta]\cdot b(b+\Delta)\cdots[b+(n-n_1-1)\Delta]}{N(N+\Delta)\cdots[N+(n-1)\Delta]} \quad (1)$$

(n fest, n_1 veränderlich)

beantwortet. Beim Studium der Absterbezeiten weißer Mäuse, die mit der gleichen Menge von Pneumokokken infiziert worden waren, sah ich mich aus theoretischen Überlegungen genötigt, die Wahrscheinlichkeit $w(n)$ zu bestimmen, daß nach genau n Versuchen n_1 schwarze Kugeln aufgetreten sind. Da man weiß, daß der letzte Versuch eine schwarze Kugel liefert, sind nur $(n-1)$ Versuche zu permutieren. Aus (1) ergibt sich somit

$$w(n) = \binom{n-1}{n_1-1} \times \frac{a(a+\Delta)\cdots[a+(n_1-1)\Delta]\cdot b(b+\Delta)\cdots[b+(n-n_1-1)\Delta]}{N(N+\Delta)\cdots[N+(n-1)\Delta]} \quad (2)$$

(n_1 fest, n veränderlich).

Diese Formel möchte ich als Pólya-Pascal-Schema bezeichnen, da sie für $\Delta = 0$ in die Pascal-Verteilung übergeht.

Um nachzuprüfen, ob die Absterbeordnung der infizierten Mäuse diesem Ansatz entspricht, muß man die Summenfunktion

$$W(n) = \sum_{i=n_1}^{n} w(i)$$

bilden können. Früher habe ich hier gezeigt[2]), daß dies für $\Delta = 0$ möglich ist. Eine Verallgemeinerung auf beliebiges Δ ist mir, sobald ich danach suchte, gelungen. Es gilt

$$W(n) = 1 - \frac{\frac{b}{\Delta}\left(\frac{b}{\Delta}+1\right)\cdots\left(\frac{b}{\Delta}+n-n_1\right)}{\frac{N}{\Delta}\left(\frac{N}{\Delta}+1\right)\cdots\left(\frac{N}{\Delta}+n-n_1\right)} \times \times F_{n_1}\left(n-n_1+1,\ \frac{a}{\Delta},\ n-n_1+1+\frac{N}{\Delta};\ 1\right). \quad (4)$$

Hierbei bedeutet $F(\alpha, \beta, \gamma; 1)$ die Summe der ersten ν Glieder der hypergeometrischen Reihe $F(\alpha, \beta, \gamma; 1)$, also den Ausdruck

$$F_\nu(\alpha,\beta,\gamma;1) = 1 + \frac{\alpha\cdot\beta}{1\cdot\gamma} + + \frac{\alpha(\alpha+1)\cdot\beta(\beta+1)}{1\cdot 2\cdot\gamma(\gamma+1)} + \cdots + \frac{\alpha\cdots(\alpha+\nu-2)\cdot\beta\cdots(\beta+\nu-2)}{1\cdots(\nu-1)\cdot\gamma\cdots(\gamma+\nu-2)}. \quad (5)$$

Die Formel (4) bringt eine außerordentliche Vereinfachung mit sich. Während $W(n) = \sum_{i=n_1}^{n} w(i)$ aus $(n - n_1 + 1)$ Summanden besteht, treten auf der rechten Seite nur n_1 Glieder der Reihe auf. Beim Studium der Absterbeordnung wurde ich darauf geführt, $n_1 = 4$ zu setzen, während ich mit n bis etwa 300 gehen mußte. Ohne die Formel (4) wäre es also praktisch unmöglich gewesen, die Summenfunktion $W(n)$ streng zu berechnen.

Die Tierversuche, welche auf meine Anregung hin unternommen wurden, um einwandfreies Material über die Absterbeordnung unter einheitlichen Bedingungen zu erhalten, haben L. CAVALLI und G. MAGNI durchgeführt. Über die Ergebnisse dieser Versuche werden sie demnächst in der 1. Abteilung des „Zentralblattes für Bakteriologie" (Originale) ausführlich berichten.

Die Identität (4) stellt, wenn man sie von der speziellen Einkleidung befreit, eine Beziehung zwischen Teilsummen solcher hypergeometrischer Reihen dar, bei denen eines der beiden ersten Argumente ganz und positiv ist und das vierte Argument den Wert Eins besitzt. Die Gleichung (4) lautet in dieser Schreibweise

$$\frac{(\gamma-\beta-\alpha)(\gamma-\beta-\alpha+1)\cdots(\gamma-\beta-1)}{(\gamma-\alpha)(\gamma-\alpha+1)\cdots(\gamma-1)} F_\nu(\alpha,\beta,\gamma;1) + + \frac{\beta(\beta+1)\cdots(\beta+\nu-1)}{(\gamma-\alpha)\cdots(\gamma-\alpha+\nu-1)} F_\alpha(\nu,\gamma-\beta-\alpha,\gamma-\alpha+\nu;1) = 1. \quad (6)$$

Die merkwürdige Beziehung scheint wenig bekannt zu sein, jedenfalls wird sie in der Wahrscheinlichkeitsrechnung offenbar bisher nicht verwendet. Da aber zahlreiche Verteilungen als hypergeometrische Reihen geschrieben werden können, ist die Formel bei Bildung der Summenfunktion oft sehr nützlich. Wenn z. B. aus einer N-gliedrigen Gesamtheit eine Stichprobe des Umfangs n entnommen wird, die n_1 Merkmalsträger enthält, so beträgt die Wahrscheinlichkeit $w(N_1)$ dafür, daß in der Gesamtheit N_1 Merkmalsträger vorhanden sind

$$w(N_1) = \frac{\binom{N_1}{n_1}\binom{N-N_1}{n-n_1}}{\binom{N+1}{n+1}}. \quad (7)$$

Aus (6) läßt sich für die Summenfunktion $W(N_1)$ folgende Formel herleiten:

$$W(N_1) = \sum_{i=n_1}^{N_1} w(i) = 1 - \frac{[(N-N_1)-(n-n_1)]\cdots[(N-N_1)\,!\,n_1]}{(N-n+1)\cdots(N+1)} \times \times F_{n_1+1}(N_1-n_1+1, -(n+1), -(N-N_1+n_1); 1). \quad (8)$$

Links steht eine Reihe von $(N_1 - n_1 + 1)$ Summanden, rechts eine solche von nur $(n_1 + 1)$ Gliedern. Hält man $N_1 : N$ konstant gleich x und läßt N gegen unendlich gehen, so konvergiert (7) in die Bayes-Verteilung

$$w(x)\,dx = (n+1)\binom{n}{n_1} x^{n_1}(1-x)^{n-n_1}\,dx. \quad (9)$$

Für diese gilt also nach (8)

$$W(x) = \int_0^x w(x)\,dx = 1 - \sum_{j=0}^{n_1}\binom{n+1}{j} x^j (1-x)^{n+1-j}. \quad (10)$$

Diese Formel ist bekannt, sie ist unabhängig und auf verschiedene Art von B. L. VAN DER WAERDEN[3]) und von mir[4]) abgeleitet worden. Einst schien sie, und ebenso die Summenformel für die Pascal-Verteilung, ziemlich rätselhaft. Nun ist in der Gleichung (6) die gemeinsame Wurzel für diese und andere Summationen oder Integrationen erkannt worden. Das Anwendungsgebiet hypergeometrischer Reihen reicht aber weit über den Bereich der Wahrscheinlichkeitslehre hinaus, so daß die Formel auch in anderen Zweigen der angewandten Mathematik Nutzen stiften kann und wird. Ihre Entdeckung aber verdankt sie einer Fragestellung, die für die Wahrscheinlichkeitstheorie kennzeichnend ist. So bildet der Fall einen Beleg für die These von É. BOREL[5]), daß eine planmäßige Förderung der Wahrscheinlichkeitstheorie auch Ergebnisse von allgemeiner mathematischer Bedeutung erwarten läßt.

Berlin-Charlottenburg 2, Bismarckstraße 11, den 28. Oktober 1942. H. VON SCHELLING.

[1]) Z. angew. Math. Mech. **3**, 279—289 (1923).
[2]) Naturwiss. **29**, 517—518 (1941).
[3]) Ber. Verh. sächs. Akad. Wiss. Leipzig, math.-phys. Kl. **88**, 21—30 (1936).
[4]) Arb. Staatsinst. exp. Therap. Frankfurt a. M. Heft **35**, 69—112 (1938).
[5]) Le jeu, la chance et les théories scientifiques modernes. (L'Avenir de la science, No 15). Paris 1941; insbes. S. 40.

Über die Entstehung von Ra E aus Wismut durch den (n, γ)-Prozeß mit langsamen Neutronen.

Während die künstliche Herstellung von Ra E durch einen (d, p)-Prozeß (OPPENHEIMER-PHILIPS-Prozeß) seit längerer Zeit bekannt ist und z. B. von LIVINGOOD und anderen[1]) untersucht wurde, schien bisher die Entstehung von Ra E durch Neutroneneinfangung am Wismut nach bisher vorliegenden Veröffentlichungen nicht unbedingt sichergestellt. Die Tabellen von MATTAUCH und FLÜGGE[2]) z. B. geben diesen Prozeß auf Grund einer mündlichen Mitteilung von MAURER als existierend an, während z. B. GOLDHABER und O'NEAL[3]) und der eine von uns[4]) für thermische Neutronen nur eine obere Grenze des Wirkungsquerschnitts der Neutroneneinfangung mit 0,1 bzw. $0{,}3 \cdot 10^{-24}$ cm² fanden. Vor mehreren Jahren wurde durch Versuche von Herrn KISELBASCH in Gemeinschaft mit dem einen von uns die von SOSNOWSKI[5]) berichtete Entstehung eines 1^h-Körpers durch Neutroneneinfangung des Wismuts, die auch v. HALBAN und PREISWECK und andere fanden[6]), als nicht vorhanden festgestellt. Da sich damals eine Andeutung der Entstehung von Ra E zeigte, haben wir mit einer sehr starken natürlichen Neutronenquelle unter besonders guten geometrischen Bedingungen eine Bestrahlung von Wismut mit thermischen Neutronen durchgeführt, um den Wirkungsquerschnitt der Einfangung thermischer Neutronen durch Wismut zu messen. Zu diesem Zwecke wurde die Neutronenquelle direkt mit 4 Halbzylindern einer Wandstärke von 2 mm umgeben, wobei sich Quelle und Indikator im Innern eines großen Paraffinblocks befanden. Die Dauer der Bestrahlung betrug 16 Tage. Die Wismutindikatoren konnten direkt an die Wand eines Zählrohrs von 200 μ Wandstärke aus Duraluminium angelegt werden, wodurch sich eine sehr günstige Ausnützung der β-Strahlen für die Zählung ergab. Unter den gleichen geometrischen Bedingungen wurde eine Kupferfolie von 20 μ Dicke und eine Aluminiumfolie, auf die 2,14 mg/cm² metallisches Mangan in Pulverform aufgebracht war, bestrahlt. Fig. 1 zeigt die Abklingungskurve des gefundenen Effekts in logarithmischem Maßstab. Diese zeigt deutlich das Vorhandensein von zwei Körpern mit 5,0 ± 0,2 d H.W.-Zeit, die zweifellos dem Ra E zuzuschreiben ist (H.W.-Zeit des natürlichen Ra E 5,0 d) und eines unbekannten Körpers mit etwa 55,5 ± 15 d Lebensdauer. Ob es sich bei letzterem um ein durch einen (n, γ)-Prozeß entstehendes Kernisomer des Ra E oder um ein Kernisomer des natürlichen Wismuts Bi 209 handelt, das durch Anregung mit schnellen Neutronen oder γ-Strahlen entsteht, oder um ein Produkt eines (n, 2n)-Prozesses, konnte bisher noch nicht ermittelt werden. Jedenfalls ist keine dieser Möglichkeiten ausgeschlossen, da sich der Detektor aus Intensitätsgründen direkt am Präparat befand und daher auch für die genannten Prozesse die geometrischen Bedingungen günstig waren. Genauere Versuche hierüber sind im Gange. Analysen des benutzten Wismuts mit Röntgenstrahlen und quantitativer Spektralanalyse, die in der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt freundlicherweise von den Herren HOBERG und Dr. ZIPPRICH durchgeführt wurden, ergaben keine Beimengungen, denen die Halbwertszeit von 55,5 d zugeschrieben werden konnte. Unter der — einigermaßen gerechtfertigten — Voraussetzung, daß der Nutzeffekt des Zählrohrs für β-Strahlen des Ra E nicht von dem für Cu 12,8 h und für Mn 2,56 h abweicht, konnte durch Intensitätsvergleich mit den genannten Cu- und Mn-Aktivitäten der Wirkungsquerschnitt von Bi für thermische Neutroneneinfangung, soweit diese zur Bildung von Ra E führt, bestimmt werden, wobei noch die effektive Schichtdicke des für β-Strahlen unendlich dicken Bi-Indikators in die Rechnung eingeht. Bis zu einer Intensität von einigen Prozent herunter kann die Absorption der β-Strahlen in Bi als exponentiell angenommen werden, mit einem Massen-Absorptionskoeffizienten $(\mu/\varrho)_A = 15{,}3\ \mathrm{cm^2/g}$ [7]). Für Bi ergibt sich für die Elektronen $(\mu/\varrho)_{Bi} = 17{,}6\ \mathrm{cm^2/g}$. Die effektive Schichtdicke eines unendlich dicken Detektors, dessen Längsausdehnung groß gegen $1/\mu$ ist, ist unter der Annahme exponentieller Absorption und isotroper Ausstrahlung der β-Strahlen $d_{eff} = 1/2\,\mu$, wie eine in Gemeinschaft mit Herrn Dr. SCHOCH

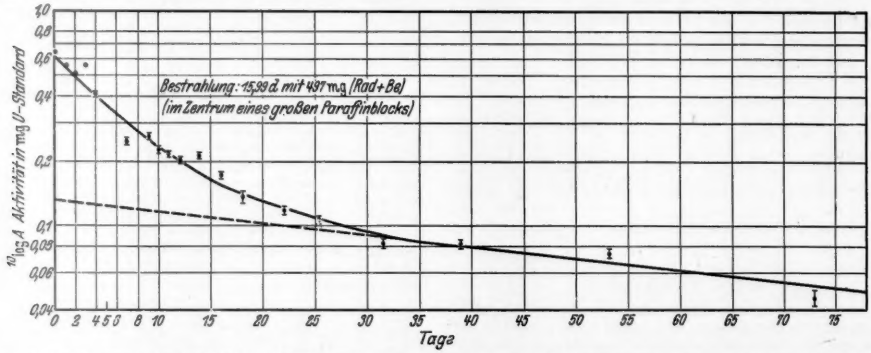


Fig. 1. Aktivität von 4 bestrahlten Bi-Indikatoren von je 55 m Länge. Die ausgezogene Kurve gibt den theoretischen Abfall, der sich aus der Summe von zwei Exponentialfunktionen mit den H.W.-Zeiten 5,0 d und 55,5 d und Anfangsintensitäten 0,47 für die kurze und von 0,132 mg U-Standard für die lange H.W.-Zeit ergibt. Die gestrichelte Gerade ist die zurückextrapolierte Aktivität des 55,5 d-Körpers.

von dem einen von uns durchgeführte kleine Rechnung ergab. Unter der Annahme des Wirkungsquerschnitts für Mn von $\sigma_{th} = 9{,}4 \cdot 10^{-24}$ cm² für Einfangung thermischer Neutronen folgt dann für die Entstehung von Ra E aus Wismut ein Einfangungsquerschnitt von $\sigma_{th} = 0{,}023 \pm 0{,}005 \cdot 10^{-24}$ cm und — unter der Voraussetzung, daß es sich bei dem unbekannten 55,5 d-Körper um ein Kernisomer des Ra E handelt, das ebenfalls nur durch thermische Neutronen entsteht, und daß der Zählrohrnutzeffekt für die β-Strahlen dieses Körpers gleich dem für Radiomangan ist für die Einfangung unter Bildung des 156,5 Min.-Körpers[8]) $\sigma_{th} = 0{,}018 \pm 0{,}007 \cdot 10^{-24}$ cm². Genauere Versuche zur Messung der Absorption thermischer Neutronen im Wismut nach einer anderen Methode, die die Gesamtabsorption zu messen gestattet, sind in Vorbereitung, um zu entscheiden, ob der gesamte Einfangquerschnitt des Bi tatsächlich so klein ist, oder vielleicht noch ein unbekanntes Kernisomer existiert*). Theoretisch ist es vom Standpunkt des Bohrschen Kernmodells äußerst merkwürdig, daß bei schweren Elementen wie Pb und Bi sich so außerordentlich kleine Einfangquerschnitte ergeben, da bei den schwersten Kernen die Niveaudichte bei thermischen Energien doch eine monotone Funktion des Atomgewichts sein muß. Wenn nicht gerade die thermische Energie wie z. B. beim Cd, Dy, Hg und anderen Kernen zufällig auf ein Resonanzniveau oder in dessen Nähe fällt, so folgt für schwere Kerne aus der Breit-Wigner-Formel des ersten Resonanzniveaus, wenn seine Strahlungsbreite Γ von normaler Größenordnung ist, ein Einfangquerschnitt, der für thermische Energien im allgemeinen von der Größenordnung von etwa 1 bis $10 \cdot 10^{-24}$ cm² ist. Das Verhalten benachbarter schwerer Elemente, wie Gold, Wolfram usw., die Resonanzen von einigen Volt und thermische Querschnitte von etwa 1 bis $100 \cdot 10^{-24}$ cm² haben, ließen auch für Bi einen Einfangquerschnitt von dieser Größenordnung erwarten. Wollte man z. B. den Einfangquerschnitt des Bi durch ein Resonanzniveau normaler Übergangswahrscheinlichkeit wie bei anderen Elementen für die Linienmitte erklären, so müßte man eine Resonanzenergie von mindestens 500 eV annehmen. Als einziger Ausweg erscheint es daher, die Übergangswahrscheinlichkeit in der Resonanz auch als sehr klein anzunehmen und dafür den sehr großen Kernspin des Wismutkerns von $^9/_2$ K.M. verantwortlich zu machen, wenn anders man nicht starke Unstetigkeiten der Niveaudichte des Compoundkerns mit dem Atomgewicht annehmen will. Doch scheint es noch durchaus zweifelhaft, ob der hohe Kernspin beim Wismut als Erklärung für den kleinen Wert von σ_{th} ausreicht, und es sich hier nicht um eine prinzipielle Schwierigkeit des Tröpfchenmodells handelt.

*) Nach einer freundlichen Mitteilung von Herrn Dr. Ramm ist der nach der Albedomethode gemessene gesamte Absorptionsquerschnitt von Bi für thermische Neutronen $0{,}4 \pm 0{,}2 \cdot 10^{-24}$ cm², also größer als der Einfangung, die zum Ra E führt, entspricht. (Vorgetragen in der Physik. Gesellschaft zu Berlin 10. 10. 1942.)

Den Herren Dr. Beuthe, Dr. Weiss, Dr. Zipprich und Herrn Hoberg von der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt sind wir für die Ermöglichung der Bestrahlung mit Präparaten der Reichsanstalt und die Durchführung von Analysen des Wismuts, den Herren Dr. Peters, Professor Dr. Timoféeff-Ressovsky und Dr. Zimmer ebenfalls für die Durchführung von Bestrahlungen mit einem Neutronenpräparat bzw. dem Generator der Auergesellschaft zu großem Dank verpflichtet.

Herrn Manfred von Ardenne danken wir für die Ermöglichung dieser Arbeit.

Berlin-Lichterfelde, Laboratorium Manfred von Ardenne, im August 1942.

Fritz G. Houtermans. Ilse Bartz.

[1]) Livingood, Phys. Rev. 50, 425 (1936). — Hurst, Latham, W. B. Lewis, Proc. roy. Soc. Lond. (A) 147, 126 (1940). — J. M. Cock, Halpern u. Tatel, Phys. Rev. 57, 340, 371 (Abs. 20) (1940).
[2]) J. Mattauch u. S. Flügge, Kernphysikalische Tabellen. Berlin 1942.
[3]) O'Neal u. Goldhaber, Phys. Rev. 59 (1941).
[4]) F. G. Houtermans, Z. Phys. 118, 424 (1941).
[5]) Sosnowski, C. r. Acad. Sci. Paris 200, 1027 (1935).
[6]) Preisweck u. v. Halban, C. r. Acad. Sci. Paris 201, 722 (1935). — Buch u. Andersen, Nature (Lond.) 137, 457 (1936). — Pool, Cork u. Thornton, Phys. Rev. 52, 239 (1937).
[7]) Flammersfeld, Z. Phys. 122, 727 (1939).
[8]) F. Rasetti, Phys. Rev. 58, 869 (1940).

Besprechungen.

SAMEC, M., und M. BLINC, **Die neuere Entwicklung der Kolloidchemie der Stärke.** (Handbuch d. Kolloidwissenschaft in Einzeldarstellungen, Band VIII). Dresden u. Leipzig: Th. Steinkopff 1941. XVI, 543 Seiten u. 127 Fig., 279 Tab. im Text. Preis brosch. RM 25.—, geb. RM 27.—.

14 Jahre nach dem Erscheinen der „Kolloidchemie der Stärke" hat M. Samec unter Mitwirkung von M. Blinc es unternommen, die große Zahl der inzwischen über dieses Polysaccharid erschienenen Arbeiten zu sichten und zusammenfassend darzustellen. Der Stoff wird in 4 Kapiteln, die im Laufe der letzten Jahre in den Kolloidchemischen Beiheften erschienen sind, geordnet: 1. Die Bestandteile des Stärkekornes, 2. Der Abbau der Stärke, 3. Die Konstitution der Stärke, und 4. Das Röntgenspektrum der Stärke. In einem Nachtrag wird die bis 1940 erschienene Literatur verarbeitet.

Schon ein Vergleich des Umfanges beider Auflagen zeigt, mit welcher Intensität auf diesem Gebiet gearbeitet wurde. Besonders bedeutsam für die weitere Entwicklung der Stärkeforschung ist es wohl, daß es gelang, wesentlich exaktere Vorstellungen als früher über den chemischen Bau der Moleküle zu entwickeln und nachzuweisen, daß sie makromolekular gebaut sind. Dadurch war es möglich, bei der Behandlung vieler Probleme die rein beschreibende und häufig wenig klare kolloidchemische Betrachtungsweise durch exakte chemische Formulierungen zu ersetzen.

Entsprechend dem Charakter des Buches als Handbuch ist die Literatur vollständig verarbeitet. Es werden meist sämtliche Versuchsergebnisse und Theorien nebeneinander gestellt, ohne einer dem Vorzug zu geben. Diese Art der Darstellung erschwert verständlicherweise das Einarbeiten in das Gebiet, und es würde sich vielleicht empfehlen, eine Reihe von veralteten Vorstellungen wegzulassen; andererseits hat sie jedoch den Vorzug der absoluten Objektivität, der nicht zu unterschätzen ist. Dem praktisch auf dem Stärkegebiet arbeitenden Chemiker werden die am Ende der Abschnitte gegebenen „methodischen Details" sehr willkommen sein, da dort die einzelnen Verfahren zur präparativen Herstellung und Messung sehr ausführlich und mit zahlreichen Abbildungen zusammengestellt sind.

Zur Erhöhung der Verständlichkeit und zur Erleichterung der Einarbeitung in das infolge der Vielfältigkeit der Erscheinungen etwas schwierige Gebiet erscheint es wünschenswert, an den Anfang des Buches einen Abschnitt über die chemische Konstitution der Stärke zu stellen, anstatt gleich mit den akzessorischen Bestandteilen zu beginnen. Auf Grund der genauen Konstitutionsermittlung wird es hoffentlich in absehbarer Zeit gelingen, die komplizierte kolloidchemische Betrachtungsweise durch eine einfachere und klare chemische zu ersetzen.

Alle Bearbeiter des Stärkegebietes werden dem Autor, der ja seit vielen Jahren an Problemen aus

der Kolloidchemie der Stärke arbeitet, sehr dankbar sein, daß er sich der großen Mühe unterzogen hat, dieses Buch zu schreiben und dadurch die Bearbeitung des Gebietes wesentlich zu erleichtern. E. HUSEMANN, Freiburg i. Br.

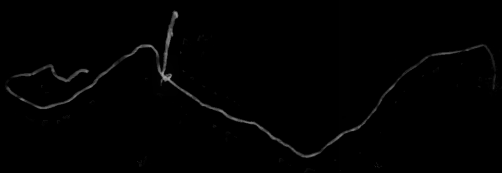
MÄGDEFRAU, KARL, **Paläobiologie der Pflanzen.** Jena: Gustav Fischer 1942. VII, 396 S. und 305 Abbild. Preis brosch. RM 24.—, geb. RM 25.—.

In der Erforschung der Pflanzenwelt vergangener Abschnitte der Erdgeschichte sind in den letzten Jahrzehnten eine ganze Reihe beachtlicher Fortschritte gemacht worden, die bisher aber zum Teil wohl nur einem engeren Kreise von Fachleuten bekannt geworden sind. Eine zusammenfassende, für weitere Kreise bestimmte Darstellung mußte daher als erwünscht erscheinen. Verf. nennt sein Buch eine „Paläobiologie", d. h. er will sich nicht mit einer Beschreibung der einzelnen Pflanzenformen begnügen, sondern sie als Lebewesen in ihrer biologischen Gemeinschaft und Umwelt erfassen. So werden nicht systematische Gruppen oder Gesamtfloren, sondern einzelne Fundorte behandelt. Dabei kommt, da es in zeitlicher Folge geschieht, bereits die Gesamtentwicklung der Pflanzenwelt klar zum Ausdruck, die dann noch in einem besonderen Abschnitt kurz dargestellt wird. Der Ausdruck Paläobiologie ist von ABEL geprägt worden, wenn es paläobiologische Darstellung auch schon vor ihm gegeben hat. Ihre Ziele und Wege bedingen ein ziemlich ausführliches Eingehen auf geologische Verhältnisse, wie die Erhaltungszustände der fossilen Pflanzen, ihren Anteil an der Gesteinsbildung usw. Diesen Dingen ist der erste Teil des Buches gewidmet, wobei sich MÄGDEFRAU als Anhänger der WEGENERschen Hypothese bekennt, deren Berechtigung sich durch pflanzengeographische Betrachtungen allein allerdings wohl nicht beweisen läßt. Den Hauptteil nehmen dann aber die „Lebensbilder aus der Pflanzenwelt der Vorzeit" ein. Die vier ersten Abschnitte sind den Devonfloren gewidmet, es folgen der rheinische Steinkohlenwald, die Rotliegendflora Thüringens und die Kupferschieferflora. Etwas abseitig scheint mir die Betrachtung der dem Verf. wohlvertrauten thüringischen Zechsteinriffe. Eine Reihe von süddeutschen und mitteldeutschen Floren machen uns mit den Pflanzen des jüngeren Mesozoikums bekannt, das Tertiär wird an Hand der berühmten Flora von Öningen in Süddeutschland und des Geiseltales bei Halle dargestellt; die interglazialen Tuffe von Weimar und die postglaziale Waldgeschichte Schwabens machen den Beschluß.

Vorbild waren für MÄGDEFRAU die bekannten „Lebensbilder aus der Tierwelt der Vorzeit" ABELS, der es hier verstanden hat, in sehr selbständiger, aber stets anregend beschwingter Darstellung die uns überlieferten Trümmer der vergangenen Faunen zu neuer lebensvoller Schau zu gestalten. MÄGDEFRAU ist dort am sichersten, wo er auf eigenen Untersuchungen fußt, so bei der Schilderung der Algenriffe des Zechsteins oder der Buntsandsteinpflanzen. Im übrigen ist er bestrebt, möglichst viele, oft fast allzu viele morphologische und andere Einzelheiten in seine Schilderungen einzubeziehen; die einzelnen „Lebensbilder" werden so schließlich stellenweise doch wieder zu einer lehrbuchartigen Beschreibung der Gesamtflora des betreffenden Zeitabschnittes. Der Schilderung des Steinkohlenwaldes hätte man eine straffere Fassung gewünscht, der Tertiärflora eine bessere Grundlage, als sie die bisherigen Arbeiten bieten. Das gilt von Öningen, aber auch für das Geiseltal. Nicht nur die abgebildete „Myrica cf. salicina" (nicht M. saligna!) z. B. ist falsch bestimmt. Einige Angaben müssen berichtigt werden. Sichere Samenpflanzen aus dem Devon sind mir nicht bekannt, während Dipteridaceen nicht erst im Rhät auftreten. Daß die von WEIGELT als Archaeopodocarpus bezeichneten Ullmannien des Kupferschiefers bzw. die damit vereinigten lockeren Zapfen nichts mit Podocarpaceen zu tun haben, steht fest. Im ganzen ist die gründliche Arbeit aber geeignet, dem Leser ein Bild vom derzeitigen Stande der paläobotanischen Forschung zu geben, wobei die zahlreichen, zum Teil neuen Abbildungen mithelfen. Die letzten Abschnitte geben einen kurzen Überblick der botanischen Stammesgeschichte und damit zusammenhängende Fragen, auch ein Stammbaum wird mitgeteilt. Es ist klar, daß hier vieles hypothetisch und daher umstritten ist. Bedenklich scheint, daß, wenn auch mit Vorbehalt, die Einheit der Angiospermen aufgegeben wird und ein Teil derselben im Anschluß an HAGERUP an die Koniferen angeschlossen wird, die MÄGDEFRAU wieder von den Lycopodiales ableitet. Da er in diese Gruppe auch Ginkgophyten (die Schreibung Ginkyo halte ich trotz der Ausführungen MOULES für unangebracht) und Cordaiten stellt, so werden sie alle zu mikrophyllen Formen, was mir unmöglich erscheint. Viel ungezwungener ist es, sie an die makrophyllen Pteridospermen anzuschließen. Der Zapfenbau gerade der ältesten Koniferen macht ihren Vergleich mit den Lycopodiales unmöglich. KRÄUSEL.

Handbuch der Biologie. Hrsg. v. L. v. BERTALANFFY. Potsdam: Akad. Verlagsges. Athenaion 1942. Liefg. 4, Bd. 1, H. 2. 32 S., 21 Abb. Liefg. 5, Bd. 1, H. 3. 32 S. Subskriptionspreis je RM 3.50.

Die beiden vorliegenden Lieferungen des Handbuchs der Biologie bringen den Abschluß von E. UNGERERS Beitrag: „Die Erkenntnisgrundlagen der Biologie. Ihre Geschichte und ihr gegenwärtiger Stand", sowie die ersten beiden Seiten von E. LEHNARTZ: „Die chemischen Voraussetzungen des Lebens". Vom Beginn der Mikroskopie über die biologischen Probleme der deutschen Aufklärungsphilosophie führt uns UNGERER in übersichtlicher, durch zahlreiche Bilder, vor allem Bildnisse der führenden Forscher ihrer Zeit unterstützter Darstellung über die Zeit DARWINS bis zur modernen Experimentalforschung eines DRIESCH und SPEMANN. Gekrönt wird dieser geschichtliche Überblick, aus dem die Wandlungen in Problemstellung und Methoden klar werden, durch eine Überschau über die gegenwärtige Problemlage der Biologie, die im Schlußkapitel „Wissenschaftslehre der Biologie" zunächst mit einer systematischen Darstellung der Gliederung der Biologie in Teildisziplinen einsetzt, um dann die Grundfragen der theoretischen Biologie und die bisher unternommenen Lösungsversuche zu bringen. Dieser von einer sehr eingehenden Kenntnis des in einem ausführlichen Verzeichnis zusammengestellten Schrifttums getragene Schlußabschnitt ist besonders wertvoll. Er ist, der Natur der Sache nach, nicht ganz leicht zu lesen, aber er berücksichtigt in gerecht abwägender Weise alle Arbeits- und Denkrichtungen ihrem Wert nach und gibt dem Leser eine wertvolle theoretische Grundlage für das Studium der spezielleren künftigen Lieferungen und Bände. Vor allem der biologische Einzelforscher und Lehrer wird dem Verf. dafür dankbar sein. Mit besonderem Nutzen aber wird gerade dieses Kapitel von solchen gelesen werden, die von anderen Gebieten her in die Gedankenwelt der Biologie einzudringen wünschen, weil sie hier auf engem Raum alles beisammen haben, was die Biologie an Problemen und Lösungen allgemeiner Art bereithält.

(Künftig werden die Lieferungen des Handbuchs jeweils nach Abschluß eines größeren Abschnittes besprochen werden.) H. WEBER, Straßburg i. Els.

Herausgeber und verantwortlicher Redakteur: FRITZ SÜFFERT, Berlin W 9.
Springer-Verlag in Berlin W 9. — Druck der Spamer A.-G. in Berlin.